



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE**

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

**NÁVRH ROZMÍSTĚNÍ TECHNOLOGIE PROVOZU  
"NÁSTROJÁRNY" PRO VÝROBU FOREM**

PROPOSAL OF THE NEW LAYOUT OF THE "TOOLSHOP"

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Matúš Varhaník**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA**

**BRNO 2016**

# Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie  
Student: **Matúš Varhaník**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Základy strojního inženýrství  
Vedoucí práce: **Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA**  
Akademický rok: 2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

## Návrh rozmístění technologie provozu "nástrojárny" pro výrobu forem

### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta je navrhnout dispoziční řešení technologie provozu nástrojárny pro zvolený výrobní program.

### Cíle bakalářské práce:

1. Analýza potřeby strojního vybavení na základě výrobního sortimentu
2. Stanovení vhodných optimalizačních metod pro dispoziční řešení
3. Návrh variant dispozičního řešení
4. Zhodnocení variant na základě vhodnosti pro daný výrobní sortiment
5. Detailní dispoziční řešení

### Seznam literatury:

KUBÍK, R., STREJČEK, J., Technologické projekty a manipulace s materiálem. 1.vyd. VUT Brno 2015. 183 s. ISBN 978-80-214-5260-2

KOŠTURIÁK, J., GREGOR, M., MIČIETA B., MATUSZEK, J. Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. 397 s. ISBN 9788071005537.

SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.

ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Cieľom tejto práce bolo vyhotovenie technologického návrhu dispozičného riešenia nástrojárne. Našou prvou úlohou bola definícia výrobného sortimentu. Následne sme boli schopní určiť technologické a strojné vybavenie potrebné na realizáciu zákaziek. V dokumente sa ďalej pojednáva o potrebách personálneho vybavenia nástrojárne ako aj o potrebách výrobných, administratívnych či sociálnych plôch. Vzhľadom na vyrábaný sortiment, množstvo strojných a personálnych kapacít navrhujeme možné technologické riešenia. V ďalšom kroku dispozičné riešenie optimalizujeme pomocou nástrojov ako sú materiálové toky či technologická nadväznosť operácií. Pre finálny návrh je dôležitá bezpečnosť práce, ako aj ergonómia navrhovaného pracoviska, preto si uvedieme základné pravidlá a technické normy. Výsledkom projektu je vypracovanie finálneho dispozičného riešenia nástrojárne s ekonomickým zhodnotením investičného zámeru.

### Kľúčové slová

nástrojáreň, výroba vstrekovacích foriem, strojné vybavenie, dispozičné riešenie, kapacitné prepočty

## ABSTRACT

The aim of this work was creating the draft of stamping tool workshop layout. Our first task was to define the product range. Afterwards we were able to identify the technological and machinery equipment necessary for the execution of orders. The paper further discusses the need of human resources as well as the needs of the production, administrative and social areas. We propose possible technological solutions considering the range of production, the amount of machinery and personnel capacities. The next step is to optimize the layout, using tools such as material flow and continuity of operations. Not only safety at work but also the ergonomics of the proposed workplace is important for the final draft. The result of our project is to develop the final layout of stamping tool workshop containing the economic evaluation of the investment plan.

### Key words

stamping tool workshop, manufacture of injection molds, machinery equipment, layout, capacity calculations

## BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

VARHANÍK, M. *Návrh rozmístnění technologie provozu „nástrojárny“ pro výrobu forem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 69 s. Vedoucí práce Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA.

## ČESTNÉ PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému **Návrh rozmístnění technologie provozu „nástrojárny“ pro výrobu forem** vypracoval s použitím odbornej literatúry a prameňov uvedených v zozname, ktoré tvoria prílohu tejto práce.

V Brne 27. mája 2016

.....

Matúš Varhaník

## **POĎAKOVANIE**

Chcel by som touto formou poďakovať vedúcemu práce Ing. Jan Strejček, Ph.d., MBA za vedenie a pomoc pri vypracovaní bakalárskej práce. Poďakovanie rovnako patrí Ing. Stanislavovi Varhaníkovi za poskytnutie odborných rád a praktického uhla pohľadu.

## OBSAH

ABSTRAKT .....	4
BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA .....	5
ČESTNÉ PREHLÁSENIE .....	6
POĎAKOVANIE .....	7
OBSAH .....	8
ÚVOD .....	11
1 ANALÝZA POTRIEB STROJNÉHO VYBAVENIA .....	12
1.1 Analýza trhu .....	12
1.1.1 Špecifikácia primárneho výrobného sortimentu nástrojárne .....	13
1.1.2 Určenie doplnkovej výroby .....	14
1.2 Prieskum možných odberateľov .....	15
1.3 Technológie používané pri výrobe nástrojov a foriem .....	15
1.3.1 Procesy uskutočňované v nástrojárni .....	16
1.3.2 Procesy určené na kooperáciu .....	18
1.4 Výrobný program podniku .....	19
1.4.1 Výrobné hodiny reprezentatívnej vzorky vstrekovacej formy .....	19
1.5 Strojné a softwarové vybavenie .....	20
1.5.1 Primárne vybavenie .....	20
1.5.1.1 Elektroerozívne rezanie .....	20
1.5.1.3 CNC frézovanie .....	21
1.5.1.4 Konvenčné frézovanie .....	22
1.5.1.5 Sústruženie .....	23
1.5.1.6 Brúsenie rotačných súčastí .....	23
1.5.1.7 Brúsenie rovinných súčastí .....	24
1.5.1.8 Zladžovanie foriem .....	24
1.5.2 Sekundárne vybavenie .....	25
2 KAPACITNÉ PREPOČTY .....	26
2.1 Efektívny časový fond .....	26
2.1.1 Efektívny časový fond ručného pracoviska .....	26
2.1.2 Efektívny časový fond strojného pracoviska .....	27
2.1.3 Efektívny časový fond pracovníka .....	27
2.2 Potrebný počet pracovísk .....	28
2.2.1 Množstvo strojných pracovísk .....	28
2.2.2 Množstvo ručných pracovísk .....	29
2.2.3 Využitie pracovísk .....	31
2.3 Viacstrojová obsluha .....	31



---

2.4 Kapacitné prepočty zamestnancov .....	32
2.4.1 Počet strojných pracovníkov .....	32
2.4.2 Počet ručných pracovníkov .....	33
2.4.3 Počet pomocných pracovníkov .....	34
2.4.4 Evidenčný počet pracovníkov pre obe zmeny .....	35
2.4.5 Pomocný a obslužný personál .....	36
2.4.6 Počet pracovníkov ITA .....	36
2.4.7 Počet pracovníkov kontroly .....	37
2.4.8 Celkový počet pracovníkov podniku .....	37
2.5 Organizačná štruktúra podniku .....	37
2.6 Výpočet plôch podniku .....	38
2.6.1 Plochy strojných pracovísk .....	38
2.6.2 Plochy ručných pracovísk .....	39
2.6.3 Pomocná podlahová plocha .....	40
2.6.4 Správna plocha .....	40
2.6.5 Sociálna plocha .....	41
2.6.6 Celková plocha podniku .....	42
3 NÁVRH VARIANT DISPOZIČNÉHO RIEŠENIA .....	43
3.1 Základné spôsoby rozmiestnenia strojov a pracovísk .....	43
3.1.1 Voľné usporiadanie .....	43
3.1.2 Technologické usporiadanie .....	43
3.1.3 Predmetné usporiadanie .....	44
3.1.4 Modulárne usporiadanie .....	44
3.1.5 Bunkové usporiadanie .....	45
3.2 Rozmiestnenie strojov s ohľadom na bezpečnosť práce .....	45
3.3 Ergonomické usporiadanie pracoviska .....	46
4 HODNOTENIE DISPOZIČNÝCH RIEŠENÍ .....	48
4.1 Dispozičné riešenie reflektujúce potreby nástrojárne .....	48
4.2 Kombinované usporiadanie pracovísk .....	50
5 STANOVENIE VHODNÝCH OPTIMALIZAČNÝCH METÓD .....	51
5.1 Sankeyov diagram .....	51
5.2 Situovanie strojov vzhľadom na viacstrojovú obsluhu .....	53
5.3 Trojuholníková metóda hodnotenia vzťahov .....	53
6 DETAILNÉ DISPOZIČNÉ RIEŠENIE .....	56
6.1 Priestory výrobného podniku .....	56
6.1.2 Preprava materiálu .....	56
6.2 Ekonomické hodnotenie investície .....	57

---

---

6.2.1 Doba návratnosti investície .....	58
6.3 Návrhový plán rozmiestnenia strojov vo výrobných priestoroch .....	60
ZÁVER .....	61
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....	62
ZOZNAM POUŽITÝCH SKRATIEK A SYMBOLOV .....	64
ZOZNAM TABULIEK .....	67
ZOZNAM OBRÁZKOV .....	68
ZOZNAM PRÍLOH .....	69

## ÚVOD

S rozvojom strojného priemyslu vo svete neodmysliteľne napredovala nástrojárska činnosť. Čoraz vyššie nároky kladené na jednotlivé strojné diely, ako aj celé strojné mechanizmy či zostavy, boli reflektované do technologického rozvoja nástrojární. Ak vezmeme pod drobnohľad napríklad automobilový priemysel, zistíme, že majoritná časť akéhokoľvek automobilu je vyrábaná za pomoci pôsobenia nástrojov a foriem. Plastové komponenty, kostra automobilu či dokonca pneumatiky boli vyrobené rôznymi typmi nástrojov.

Činnosť nástrojárne, kedy musí byť zaručená maximálna rozmerová a geometrická presnosť, ako aj kvalita obrábaných plôch za cieľom plnej funkčnosti a nízkej poruchovosti zhotovených nástrojov, je niekedy metaforicky prirovnávaná k výkonu práce neurochirurga. V oboch prípadoch je vyžadovaná vysoká odbornosť, precíznosť a kvalifikácia. Rovnako v oboch prípadoch i drobná chyba vedie k destabilizácii funkčnosti mechanizmu respektíve organizmu. V súčasnej dobe sa o nástrojárskej činnosti či nástrojárskych prevádzkach nedá hovoriť ako o celku. Postupom času došlo k špecializácii nástrojární, alebo tvorbe nových divízií v rámci podniku, ktoré sa delia na výrobu nástrojov na spracovanie plechov, výrobu nástrojov na spracovanie gumy či výrobu foriem na vstrekovanie plastov.

Vďaka vyššie popísaným technologickým nárokom sa v nástrojárňach stretávame s najmodernejšími technológiami v oblasti obrábania kovov, aplikáciou najnovších poznatkov z oblasti výskumu do praxe ako aj zavádzaním nových technologických postupov s cieľom zvýšenia efektivity, presnosti či ekonomickej výnosnosti. Aj preto je možné považovať nástrojárne za jedny z najkomplexnejšie vybavených prevádzok v oblasti strojného priemyslu. Popísané aspekty, ale aj osobná skúsenosť s uvedeným druhom podniku mi dali impulz k tvorbe tejto bakalárskej práce a tiež prispeli k môjmu rozhodnutiu ďalšieho smerovania štúdia.

V bakalárskej práci sa budem zaoberať problematikou dispozičného riešenia a technologického návrhu nástrojárne. Na začiatku bude nevyhnutné uskutočniť prieskum trhu nielen konkurencie, ale aj odberateľov, od čoho sa bude odvíjať určenie výrobného sortimentu, následná voľba strojného vybavenia a veľkosť výrobných priestorov. Ďalej bude potrebné uskutočniť kapacitné výpočty, určiť efektívnu organizačnú štruktúru, popísať vhodné optimalizačné riešenia a na základe týchto poznatkov stanoviť čo najvhodnejší spôsob rozmiestnenia pracovísk a strojov s ohľadom na materiálové toky, bezpečnosť a ergonómiu pracoviska. Záverom tejto práce bude detailné dispozičné riešenie a krátke ekonomické zhodnotenie návratnosti vynaložených zdrojov.

## 1 ANALÝZA POTRIEB STROJNÉHO VYBAVENIA

Na definovanie strojného a technologického vybavenia akéhokoľvek typu podniku je nevyhnutné definovať výrobný sortiment a maximálne rozmery daných výrobkov, od čoho sa odvíja nákup vhodných strojov, počet zamestnancov, výška vstupného kapitálu či veľkosť výrobných priestorov. Ak má táto definícia zohľadňovať reálny obraz trhu, je potrebné uskutočniť analýzu konkurenčných podnikov aj odberateľov. Prieskum konkurenčných nástrojární je zameraný na Slovenskú republiku a okrajovo na Českú republiku, pretože výstavba novej nástrojárne má vznikať na tomto geopolitickom území.

### 1.1 Analýza trhu

V danom prieskume nie sú uvedené všetky nástrojárne, ktoré pôsobia na slovenskom respektíve českom trhu. Kritériá analýzy zohľadňujú nástrojárne so zameraním na výrobu nástrojov prípadne foriem na spracovanie rôznych typov materiálu. Zohľadňujú tiež počet zamestnancov a veľkosť výrobných priestorov, aby vybraná vzorka firiem bola aproximáciou situácie na trhu.

- **FORMANA s.r.o.** – spoločnosť založená v roku 1997 na Myjave ako strojárská výroba zaoberajúca sa hlavne kovoobrábaním súčiastok. Aktuálne hlavné portfólio firmy tvorí návrh a výroba strižných a ohýbacích nástrojov, výroba foriem na hliník a neželezné kovy. Doplnková činnosť je kooperácia v oprave dielov do vstrekovacích foriem, či malosériová až strednosériová výroba.
- **FOR MIX s.r.o.** – v roku 1994 vstupuje na strojársky trh združenie fyzických osôb. V roku 1997 bola založená spoločnosť s ručením obmedzeným ktorej hlavné zameranie tvorila výroba strihacích, ohýbacích a postupových nástrojov. Firma disponuje cca 50 zamestnancami a väčšina produkcie smeruje pre automobilový a elektrotechnický priemysel. Spoločnosť ponúka kompletný program od konštrukčného návrhu až po dodávku hotového nástroja s technickou dokumentáciou k zákazníkom.
- **MASAM s.r.o.** – nástrojáreň vo Vrábloch disponuje dvomi divíziami. Prvou je divízia ostrenia a výroby rezného náradia. Druhou je divízia trieskového obrábania, nástrojáreň. Táto divízia bola v roku 2014 presťahovaná do nových priestorov, disponuje modernými 5-osími obrábacími centrami, novými meracími technológiami či vlastnou konštrukčnou kanceláriou. V súčasnosti sa zameriavajú na výrobu foriem na spracovanie plechu pre automobilový priemysel, ale vďaka špičkovému vybaveniu ktorým disponujú, nie je vylúčené rozšírenie výroby aj do iných oblastí.
- **ŠVEC a SPOL, s.r.o.** – spoločnosť vznikla v roku 1993 a na trhu si za ten čas vybudovala silné postavenie. Firma má viacero divízií, pre nás je najzaujímavejšia divízia nástrojáreň. Zaoberá sa výrobou lisovacích nástrojov na lisovanie plechových súčiastok plošným tvárnením za studena. Poskytujú kompletný zákaznícky servis od návrhu nástroja až po jeho výrobu zostavenie a aj samotné testovanie a stuširovanie v priestoroch firmy. Súčasťou dodávky nástroja je tiež predsériová dodávka kontrolných výliskov.
- **KUKA ENCO WERKZEUGBAU s.r.o.** – spoločnosť, ktorá je súčasťou KUKA group, sa zaoberá kovoobrábaním, klasickým a CNC frézovaním,

opracovaním 3D laserom, rezaním. Výrobe lisovacích nástrojov a konštrukcii zväracích liniek pre automobilový priemysel.

- **MATADOR GROUP a.s.** – jeden z najsilnejších strojárskych závodov na Slovensku, ktorý vstúpil na trh už v roku 1905. V tej dobe nosným zameraním podniku bola výroba pneumatík. V súčasnej dobe má táto spoločnosť viacero divízií. Jednou z nich je nástrojáreň, zameraná na produkciu lisovacích nástrojov pre automobilový priemysel. Spoločnosť disponuje vlastným vývojovým centrom, spolupracuje so školami a univerzitami. Ako doplnková výroba nástrojárne je všeobecné strojárstvo. Strojový park firmy je široký a zameriava sa na výrobu lisovacích nástrojov väčších rozmerov, od skrytých častí automobilov až po pohľadové časti karosérie.
- **MEPAC s.r.o.** – firma zaoberajúca sa okrem iného vývojom, konštrukciou a výrobou nástrojov a foriem. Vyrábajú predovšetkým nástroje pre gumársky priemysel. Zo strany firmy je stúpajúca tendencia so zameraním na vstrekovacie formy. V súčasnosti sa v Žiline vyrábajú vstrekovacie formy na výrobu PET fliaš, ale taktiež vykonávajú opravy foriem na vstrekovanie plastov pre automobilový priemysel. MEPAC s.r.o. disponuje odborníkmi na leštenie zrkadlových plôch, čo využívajú pri rôznych opravách foriem pre automotive. Dá sa preto predpokladať snaha firmy o získanie zákazky aj na vstrekovacie formy pre automobilový priemysel.
- **KONŠTRUKTA INDUSTRY a.s.** – firma s viacerými divíziami disponujúca širokým strojovým parkom. Jedno z hlavných zameraní firmy je výroba nástrojov pre gumársky priemysel ale taktiež kooperujú s nástrojárňami na výrobu komponentov do nástrojov na spracovanie plechu.
- **ALFA CHROM servis, s.r.o.** – firma pôsobiaca v Českej republike od roku 1991. Začiatok firmy je spájaný aplikáciou tvrdochromových povlakov pre formy a iné strojné súčasti. V dnešnej dobe je firma uznávanou autoritou v oblasti predvýrobného servisu, pravidelnom plánovanom servise vstrekovacích foriem, opravách zástrekov deliacich rovín, leštení tvarových dielov pod lak či pod dezén a rovnako leštení zrkadlových plôch. Firma sa teda nezaoberá priamo výrobou foriem, ale ich doladením, jemnou korekciou tvarov a servisom pred začatím výrobného procesu.
- **LINASET a.s.** – spoločnosť so sídlom v Českej republike, zaoberajúca sa okrem iného aj konštrukciou a výrobou vstrekovacích foriem pre automobilový priemysel do hmotnosti 10 000 kg. V priestoroch firmy sa taktiež vykonávajú montáže vstrekovacích foriem a Linaset a.s. disponuje aj vlastnou lisovňou. V rámci lisovacieho cyklu foriem poskytujú taktiež kompletný servis a spolupracujú so svetovými koncernami ako sú Bosch, ABB, Hella, Siemens, Braun.

Na základe krátkeho prieskumu je viditeľné, že najväčší počet nástrojární sa zaoberá výrobou nástrojov na spracovanie plechu je výrazná. Nástroje na spracovanie gumy sú doménou hlavne väčších podnikov akými si napríklad Matador group a.s. či Konštrukta industry a.s.. Najväčší priestor na trhu je viditeľný vo výrobe vstrekovacích foriem na výrobu plastových výliskov.

### 1.1.1 Špecifikácia primárneho výrobného sortimentu nástrojárne

Zo záverov analýzy trhu vyplýva, že najväčší priestor na trhu je v oblasti konštrukcie, výroby a zostavenia vstrekovacích foriem. Preto bude zámerom tejto

práce navrhnuť nástrojareň pre výrobu foriem na vstrekovanie plastov z technologického, personálneho a dispozičného hľadiska tak, aby spĺňala všetky predpoklady konkurencieschopného a plne uplatniteľného podniku.

Hlavný zdroj výrobných kapacít nástrojárne bude tvoriť výroba nových vstrekovacích foriem, ktorým bude prispôsobený strojový park. Následne podľa technologických možností a vyťažiteľnosti určíme doplnkovú výrobu. Pre návrh strojového parku a tiež výrobných priestorov je dôležité definovať maximálne rozmery a hmotnosť vyrábaných produktov.

Navrhovaná nástrojareň bude koncipovaná pre maximálnu hmotnosť foriem do 3000 kg o maximálnych rozmeroch 500x500x500 mm. Toto rozhodnutie reflektuje dôvody, medzi ktoré neodmysliteľne patria: veľkosť a nosnosť obrábacích strojov, kapacita podlahy výrobných priestorov a ich plocha, veľkosť a nosnosť žeriavov, veľkosť medziskladov materiálu, nástrojov a normálií, nižšia logistická náročnosť a z toho plynúca výška vstupného kapitálu. Tiež musíme brať do úvahy silnú konkurenciu, ktorá sa sústreďí na výrobu veľkorozmerných foriem a má dlhoročné skúsenosti v tejto sfére.

Pri vstupe na trh je výhodnejšie sústrediť sa na formy pre menšie výlisky, pretože dochádza k rýchlejšim dodávkam projektov a tiež k rýchlejšiemu finančnému toku kapitálu. Pružnosť a reakcieschopnosť takejto firmy je vyššia. Naopak možná konkurencia pri výrobe foriem menších rozmerov je obmedzená polohou, pretože celková cena výroby tejto formy nie je tak vysoká, aby sa lokálnemu odberateľovi - lisovní oplátilo zadávať výrobu do mimoeurópskych krajín ako je napríklad Čína. Doprava by bola v porovnaní s cenou formy vysoká. Po upevnení si pozície v tejto sfére strojárkeho priemyslu nie je rozšírenie nástrojárne vylúčené. Výrobné priestory budú umiestnené na pozemku, navrhované a dispozične riešené s ohľadom na prípadné prístavby.

### **1.1.2 Určenie doplnkovej výroby**

Doplnková činnosť nástrojárne sa zavádza z dôvodu dovyťaženia kapacít, či už personálnych alebo strojných, v období, kedy je nedostatok zákaziek primárneho typu. Vďaka komplexnému strojnému vybaveniu prevádzky pre výrobu nástrojov respektíve foriem je pole pôsobnosti doplnkovej výroby široké. Primárne sa však chceme sústrediť na výrobu či opravu poškodených súčastí nástrojov z okolitých lisovní a tiež poskytovať kooperačnú pomoc strojným obrobom prípadne ďalším nástrojárňam.

Za dôležité považujeme plné vyťaženie nekonvenčných elektroerozívnych strojov, ktorými bude nástrojareň disponovať. Pre výrobu foriem je tento typ strojov technologicky nevyhnutný, avšak z celkového procesu obrábania jednotlivých súčastí tvorí elektroerozívny technologický proces iba menší zlomok času. Preto sa budeme snažiť vyhľadávať tvarovo zložité kusové zákazky na ktorých sa tento typ obrábania uplatňuje.

## 1.2 Prieskum možných odberateľov

Cieľom tejto práce je technologický návrh a kompletne dispozičné riešenie výrobných priestorov pre sortiment definovaný vďaka poznatkom prieskumu trhu. Na základe týchto informácií sme definovali výrobný sortiment na formy pre vstrekovanie plastov limitované maximálnymi rozmermi a maximálnou hmotnosťou.

Hlavným odberateľom bude automobilový priemysel (Kia Žilina, PSA Trnava, VW Bratislava), respektíve subdodávatelia dielov medzi ktoré patria spoločnosti zaoberajúce sa lisovaním plastov. Aktuálny vývoj automobilového priemyslu na Slovensku, a tiež plánované investície spoločnosti Jaguar – Land Rover v priemyselnom parku pri Nitre, nám dávajú pozitívne vyhliadky na uplatnenie v sektore výroby malých a stredných foriem pre výrobu doplnkových a interiérových svetiel, plastových častí interiéru či exteriéru vozidiel, pričom uplatníme výhody „lokálneho výrobcu“ foriem, ktoré boli popísané v predchádzajúcej kapitole.

K našim potenciálnym odberateľom by patrili aj nadnárodné spoločnosti ako je Hella, ktorá prevádzkuje na Slovensku 4 lisovne (Hella Bánovce nad Bebravou, Hella Bratislava, Hella Trenčín a Hella Nové Mesto nad Váhom). Spoločnosť Hella sa nachádza aj v Českej republike, napr. Hella Mohelnice. Medzi odberateľov s rovnakým zameraním patrí aj ZKW s výrobnými priestormi v Krušovciach pri Topoľčanoch. Medzi možných odberateľov s určitosťou zaraďujeme aj spoločnosti Embraco Slovakia Košice či Mobis Žilina, výrobcu plastových komponentov do automobilov od svetiel, nárazníkov, prístrojových dosiek až po malé interiérové plasty pre automobilku Kia. Fremach Trnava s.r.o., ďalší popredný výrobca interiérových komponentov z plastu pre automobilový priemysel.

Sekundárnym sektorom, kde by sme mohli nájsť uplatnenie, je zdravotnícky priemysel a výroba komponentov vstrekaním plastu ako sú napríklad injekčné striekačky. Chirana, s.r.o. je významným producentom týchto zdravotníckych potrieb sídlacim v Starej Turej na západnom Slovensku.

## 1.3 Technológie používané pri výrobe nástrojov a foriem

Nástrojárne sú z pravidla jedny z technologicky najkomplexnejších strojných prevádzok z dôvodu zložitosti tvarov foriem a ich finálnych produktov – výliskov. Strojné vybavenie je priamo závislé na technologických operáciách a postupoch, ktoré sa budú v prevádzke s definovaným sortimentom vyrábať. Preto voľba strojného vybavenie a špecifikácii strojov musí predchádzať rozbor procesov, ktoré sú pre výrobu nášho produktu nevyhnutné. Na začiatok si definujeme základné pojmy a popíšeme jednotlivé technologické procesy.

**Obrábanie** – je technologický proces, pri ktorom vytvárame povrchy obrobku určeného tvaru, rozmeru a kvality odoberaním častíc materiálu fyzikálnymi, tepelnými, elektrickými, mechanickými alebo chemickými pochodmi, prípadne ich kombináciou. [1], [7]

**Konvenčné obrábanie** – pri tomto pochode dochádza k oddeľovaniu materiálu z obrobku britom rezného nástroja vo forme triesky. [1], [7]

**Nekonvenčné obrábanie** – je proces, kedy dochádza k úberu materiálu z obrobku využitím pochodov elektrických, chemických tepelných a mechanických, prípadne ich kombináciou. [1]

**Obrobok** – je materiál, ktorý vplyvom obrábania nadobúda definovaný tvar, rozmer a kvalitu. [1], [7]

**Obrábací nástroj** – je výrobná pomôcka, ktorou sa z povrchu obrobku odoberá materiál definovaným spôsobom a tým nástroj vytvára obrobený povrch. [1], [7]

### 1.3.1 Procesy uskutočňované v nástrojárni

**Technológia delenia materiálu** – delenie materiálu je neodmysliteľným procesom každej strojnej prevádzky avšak je na zamyslenie, akým rozsiahlym strojným vybavením pre delenie materiálu disponovať. Najpoužívanější spôsoby delenia materiálu a od nich rezultujúci strojový park sú: delenie pílovým listom, delenie pílovým pásom alebo drôtom, delenie pílovým kotúčom, delenie rozbrusovacím kotúčom, delenie trecím kotúčom, delenie upichovacím nožom na sústruhu, elektro erozívne, elektro abrazívne, tepelné či elektrochemické delenie. Delenie materiálu bude v navrhovanej nástrojárni prebiehať v minimalistickej miere. Nástrojáreň bude disponovať jedným strojom s pílovým listom na delenie rotačného materiálu – tyčí. [1], [7]

**Technológia sústruženia** – sústruženie prebieha na strojoch nazývané sústruhy, ktoré majú v strojárskvej výrobe zaberajú najväčší podiel z obrábacích strojov. Sústruhov je viacero druhov od najjednoduchších hrotových až po plne automatizované stroje. Je to obrábacia metóda, ktorá sa uplatňuje pri obrábaní rotačných súčastí, kedy sa zvyčajne používa jednobritý nástroj – sústružnícky nôž. Vedľajší - posuvný pohyb koná nástroj, ktorý je priamočiary a smeruje rovnobežne k osi rotácie obrobku, upnutého v univerzálnom skľučovadle. Hlavný pohyb je rotačný a koná ho obrobok. Rezný pohyb sa pri sústružení valcovej plochy realizuje po šróbovici, respektíve pri sústružení čelných plôch po Archimedovej špirále. Pri sústružení je však možné uplatniť rezanie závitov, sústruženie kuželov či vŕtanie. S použitím CNC sústruhu je možné tvoriť akékoľvek rotačné tvary. [1], [7]

**Technológia frézovania** – frézovanie prebieha na strojoch nazývané frézky, ktoré sa ďalej špecifikujú z hľadiska konštrukcie či z hľadiska pracovného cyklu. Využíva sa pre obrábanie rovinných a tvarových plôch na nerotačných súčastiach, kedy sa obrábací proces realizuje viac britým nástrojom – frézou. Pri frézovaní koná hlavný pohyb nástroj, a má rotačný charakter. Rezný proces je prerušovaný, každý zub frézy odrezáva krátke triesky premenlivej hrúbky. Vedľajší pohyb je priamočiary a koná ho obrobok, ktorý sa vo väčšine prípadov pohybuje kolmo k pevnej osi otáčajúceho sa nástroja. Základné spôsoby záberu frézy delíme na frézovanie valcové (frézovanie obvodom valcovej frézy) a frézovanie čelné (frézovanie čelom čelnej frézy). [1], [7]

**Technológia vŕtania, vyhrubovania, vystružovania, zahlbovania** – uvedené technológie je možné uplatniť na rôznych druhoch vŕtačiek ale tiež na sústruhoch a niektorých typoch frézok. Pri vŕtaní dochádza k obrábaniu plného materiálu, respektíve k predlžovaniu či zväčšovaniu vopred vyrobených dier, napr. kovaním či odlievaním. Nástroj je obvykle šróbovitý vrták s dvomi britmi, ale výnimkou nie sú



jedno či viac brité vrtáky. Vyhrubovanie, vystružovanie a zahlbovanie sú ďalšie metódy na obrábanie dier. Týmito procesmi sa zvyšujú kvalitatívne charakteristiky dier alebo sa dokončuje jej tvar a plocha, respektíve plochy k nej príslušné. [1], [7]

**Technológia elektroerozívneho obrábania** – v našej prevádzke sú technologicky nevyhnutnými zariadeniami elektroerozívna rezačka a elektroerozívna hĺbička. Oba typy strojov sa zaraďujú medzi nekonvenčné stroje. Použitie tejto technológie nám umožňuje výrobu súčasti zložitých tvarov pri zachovaní vysokej presnosti. „Pracovným nástrojom“ je impulz – elektrický výboj. Pri tomto výboji dochádza k úberu materiálu vplyvom krátkeho, avšak veľmi intenzívneho vzostupu teploty na 10000-15000 °C. Týmto spôsobom je možné obrábať iba elektricky vodivé materiály. V prípade elektroerozívneho rezania k výboju používame rezací drôt, pri elektroerozívnom zahlbovaní je materiál do požadovaného tvaru opracovaný elektródou. Rezacie a zahlbovacie materiály sú vyrobené z mosadze, grafitu, volfrámu alebo iných materiálov. Týmto spôsobom sme schopný vyrábať súčasti s presnosťou rádovo v tisícinách so strednou aritmetickou odchýlkou povrchu aj Ra 0,2 µm čím je možné nahradiť technológiu brúsenia. Je možné obrábať materiály vysokej tvrdosti, kalené oceli či spekané karbidy. Samotný proces obrábania sa vo väčšine prípadov uskutočňuje v dielektrickej - nevodivej kvapaline s vysokým elektrickým odporom. [1]

**Technológia brúsenia** – táto technológia sa vykonáva na strojoch nazývané brúsky, v našej výrobe budú potrebné brúsky na plocho a brúsky na guľato, ktorými obrábame plochy respektíve rotačné súčasti. Brúsenie je neodmysliteľný technologický proces pre dokončovacie práce na presný geometrický tvar a rozmery s vysokou kvalitou povrchovej vrstvy. [1], [7]

**Technológia leštenia zrkadlových plôch** – strojné vybavenie na túto technológiu nepatrí medzi veľmi náročné, naopak kvalitné personálne vybavenie, ktoré je neodmysliteľnou súčasťou nástrojárne pre vstrekovacie formy, je omnoho obťažnejšie zaobstarať. Leštenie je proces úpravy materiálu s vysokými požiadavkami na minimálnu drsnosť a maximálny dekoratívny vzhľad. Samotné leštenie jednoduchých alebo tvarovo zložitých súčastí prebieha postupne aplikáciou brúsnych materiálov od najhrubšieho po najjemnejší. Vo finále sa aplikujú veľmi jemné diamantové pasty zostupne od najvyššej po najjemnejšiu zrnitosť. Pri výrobe dekoratívnych - pohľadových výliskov sú požiadavky na zrkadlové plochy obzvlášť vysoké. To zvyšuje pridanú hodnotu foriem, no zároveň zvyšuje náročnosť na výrobu, pretože i malý nedostatok vedie k zmätkovosti výliskov. Proces leštenie prebieha ručne za pomoci rôznych typov brúsok či už čelných, uhlových alebo oscilačných.

**Technológia zlad'ovania foriem** – pre túto technológiu je nevyhnutným vybavením nástrojárne disponovať tušírovacím lisom, na ktorom prebieha testovanie formy, zladenie deliacich rovín a tvarovo zložitých súčastí. Proces tušírovania prebieha nanosením tušírovacej pasty a následným zdvihom na lise. Po stlačení formy dochádza k zmene hrúbky tušírovacej pasty čo indikuje plochy kde je potrebná úprava.

### 1.3.2 Procesy určené na kooperáciu

Niektoré operácie používané pri výrobe nástrojov a foriem nie sú kapacitne dostatočne využité a naopak enormne zvyšujú požiadavky na rozmery prevádzky, výšku kapitálu na nákup strojov, personálne vybavenie a podobne. Kvôli týmto dôvodom je ekonomicky omnoho výhodnejšie zavádzať do výrobného procesu kooperačnú spoluprácu, kedy práve tieto procesy sú uskutočňované mimo priestorov danej prevádzky, v našom prípade nástrojárne.

**Delenie materiálu** – technologický proces, ktorý bude rozdelený na dve časti. Prvá časť, delenie menších rotačných polotovarov bude prebiehať v priestoroch nástrojárne. Zvyšok bude prebiehať ideálne priamo u dodávateľa kedy budú polotovary objednávané čo najbližšie finálnym rozmerom obrobku. Toto rozhodnutie rezultuje z dôvodov akými sú nákup strojov na delenie materiálu či rozmery haly – nebude potrebný veľký sklad polotovarov taktiež odpadne pracovisko delenia materiálu čo bude viesť k úspore vstupného kapitálu, ktorý je podstatným prvkom pri zakladaní novej strojárnej ale i inej výroby.

**Tepelné spracovanie** – technologický proces, ktorého výsledkom je zmena mechanických vlastností materiálu, akými sú pevnosť, tvrdosť, húževnatosť, obrobitelnosť či odolnosť voči opotrebeniu. Požadované charakteristiky dosahujeme rôznymi spôsobmi (kalenie, zušľachtenie, popúšťanie, žihanie a iné), ktorých spoločným menovateľom je ohrev a následné ochladzovanie na rôzne teploty za rôznych podmienok. Tento proces je pre nástrojárňu taktiež potrebný, ale vzhľadom na množstvo takto upravovaných súčastí neekonomický. Hlavne pri rozmeroch našej nástrojárne by sa neekonomickosť prejavovala výrazným spôsobom, preto zavádzame na tento druh operácií kooperačnú výrobu. [8]

**Povlakovanie** – proces povlakovanie dielov pri výrobe vstrekovacích foriem sa uplatňuje hlavne pri častiach nazývané „vyhadzovače“, ktoré môže mať rôzne tvary, väčšinou sú však tyčového tvaru a ich hlavnou úlohou je vysunúť výlisok z pracovného priestoru formy. Ich funkcia je teda pri každom zdvihu vykonať translačný pohyb, čo kladie vysoké požiadavky na oderu vzdornosť či vysokú mieru opotrebitelnosti materiálu aby sme predišli ich zasekávaniu. Za týmto cieľom sú dané materiály povlakované a zvyšujú sa tak požadované charakteristiky. Povlakovanie je proces kedy je na základný materiál privádzaný cudzí druh materiálu rôznymi technológiami. Medzi najznámejšie patrí technológia CVD a PVD. Technologické vybavenie, postupy a taktiež „know-how“ pre úspešné prevádzkovanie týchto procesov vyžadujú ďalšie nemalé investície, a preto bude pri vstupe nástrojárne na trh lepšou voľbou kooperačná výroba. [8]

Všetky uvedené procesy získavajú na výhodnosti s rastom výrobných priestorov, množstvom a veľkosťou vyrábaných foriem od čoho sa v budúcnosti nechceme dištancovať. Preto nevyklúčujeme možnosť tieto technológie postupne pri výhodnej ekonomickej situácii zavádzať do činnosti v priestoroch navrhovanej nástrojárne. Výrobná hala bude disponovať „inteligentným“ modulárnym riešením a bude pripravená na rozšírenie a taktiež implementáciu popisovaných technológií.

## 1.4 Výrobný program podniku

Analýzou výrobného programu podniku si nadefinujeme vstupné dáta pre kapacitné výpočty strojov a tiež personálu. Na základe výrobného sortimentu, v našom prípade vstrekovacích foriem, zatriedime do skupín jednotlivé súčasti podľa technológie výroby. Následne určíme časovú náročnosť jednotlivých technologických operácií a vyjadríme ju v percentách z celkového strojného času potrebného na výrobu. Ako podklady pre zhotovenie tejto analýzy nám poslúžia konštrukčne-technologické charakteristiky formy spadajúcej do nášho výrobného programu ako aj praktické rady a skúsenosti ľudí z oboru výroby nástrojov. Pri výrobe vstrekovacích foriem sa podiely operácií z celkového strojného časového fondu pohybujú približne v týchto hodnotách:

- Elektro erozívne obrábanie: 20 – 30 %,
- Frézovanie: 30 – 40 %,
- Sústruženie: 4 – 8 %,
- Vŕtanie: 3 – 6%,
- Brúsenie: 10 – 15%.

Strojné operácie tvoria približne 60 – 70 % z celkového výrobného času, kedy 30 % až 40 % výrobných hodín je zastúpené zámočníckymi, nástrojárskymi a montážnymi prácami, ktoré sú vykonávané v najväčšej miere na ručných pracoviskách.

### 1.4.1 Výrobné hodiny reprezentatívnej vzorky vstrekovacej formy

Z konštrukčne – technologických podkladov vstrekovacích foriem o rozmeroch a hmotnostiach vhodné pre náš výrobný sortiment sme určili priemerný čas potrebný na výrobu rozmerovo podobných výrobkov. Priemerný čas potrebný na výrobu vstrekovacej formy o rozmere 500 x 500 x 500 mm sa pohybuje okolo 1240 výrobných hodín. V prílohe tejto práce bude vyobrazená vstrekovacia forma, na základe ktorej sme získali približné percentuálne podiely technologických procesov. Časové podiely jednotlivých technologických operácií na výrobu jedného kusu vstrekovacej formy sú nasledovné:

- Elektro erozívne rezanie – 5% – 62 hodín,
- Elektro erozívne hĺbenie – 15% – 186 hodín,
- Frézovanie na CNC – 25% – 310 hodín,
- Frézovanie konvenčné – 5% – 62 hodín,
- Sústruženie – 5% – 62 hodín,
- Brúsenie rotačných súčastí – 5% – 62 hodín,
- Brúsenie rovinných súčastí – 10% – 124 hodín,
- Zámočnícke práce – 10% – 124 hodín,
- Nástrojárske práce – 20% – 248 hodín.

## 1.5 Strojné a softwarové vybavenie

Pre strojné a technologické vybavenie nástrojárne si zavedieme dva pojmy. Primárne a sekundárne vybavenie. Primárnym vybavením budeme rozumieť makro-vybavenie ako sú obrábacie stroje, žeriavy a tušírovací lis. Medzi sekundárne vybavenie patria nástroje potrebné na obrábanie, rôzne typy meradiel, software pre konštrukčnú kanceláriu.

### 1.5.1 Primárne vybavenie

Na základe maximálnych rozmerov a hmotnosti produkovaných foriem našou nástrojárnou sme dimenzovali základné vlastnosti obrábacích strojov, ako sú maximálna hmotnosť obrobku či rozmer stola.

#### 1.5.1.1 Elektroerozívne rezanie

Elektroerozívne rezanie sa v nástrojárskej praxi uplatňuje hlavne pri výrobe strihacích nástrojov. Uplatnenie si však nájde v istej miere aj vo výrobe vstrekovacích nástrojov, napríklad na výrobu presných priechodzích otvorov s vysokou kvalitou obrobenej plochy bez potreby dokončovacích operácií, či výrobu ostrých rohov, ktoré nedosiahneme na CNC strojoch.

##### AGIE Agiecut Classic 2

- Maximálna hmotnosť obrobku - 450 kg
- Maximálny rozmer obrobku (X/Y/Z) – 750x550x250 mm
- Rozjazdy v osách (X/Y/Z) –350x250x256 mm
- Maximálny uhol náklonu – 30 °/ 100 mm
- Priemer drôtu – 0,2 – 0,33 mm
- Maximálna drsnosť obrobenej plochy Ra – 0,45  $\mu\text{m}$
- Pôdorys stroja – 1640x2040 mm



Obr.1 Elektroerozívna rezačka [9].

#### 1.5.1.2 Elektroerozívne hĺbenie

Pri výrobe vstrekovacích foriem je metóda hĺbenia dôležitým technologickým procesom. Sme schopní do súčasti vyrobiť tvar ľubovoľnej geometrie pri zachovaní veľmi vysokej kvality povrchu. Rozhodli sme sa pre dva druhy strojov, jeden s menšou pracovnou plochou, druhý s väčšou pracovnou plochou pre výrobu dielov maximálnych rozmerov foriem. Stroje budú rovnakej značky ako „rezačky“ a to z dôvodu servisovania, ale aj z dôvodu použitia rovnakého hardvéru a softvéru pre celé pracovisko elektroerozívneho obrábania. Odpoveď na počet strojov nám dajú kapacitné prepočty.

AGIE Mondo Star 20

- Maximálna hmotnosť obrobku – 200 kg
- Maximálny rozmer obrobku (X/Y/Z) – 630x400x165 mm
- Rozjazdy v osách (X/Y/Z)–300x250x250 mm
- Maximálna hmotnosť elektródy – 25 kg
- Pôdorys stroja – 1550x1130 mm



Obr. 2 Elektroerozívna hĺbička [10].

AGIE Mondo Star 50

- Maximálna hmotnosť obrobku – 500 kg
- Maximálny rozmer obrobku (X/Y/Z) – 1050x650x250 mm
- Rozjazdy v osách (X/Y/Z) – 500x350x350 mm
- Maximálna hmotnosť elektródy – 100 kg
- Pôdorys stroja – 1550x1956 mm



Obr. 3 Elektroerozívna hĺbička [12].

**1.5.1.3 CNC frézovanie**

Technológia CNC frézovania je pri výrobe nástrojov nevyhnutná či už pri výrobe jednotlivých súčastí, napríklad základných dosiek, ale je rovnako nevyhnutná pre výrobu nástrojov do elektro erozívnych hĺbičiek. Aj z týchto dôvodov je CNC frézovanie jednou z najvyťaženejších technologických operácií. Rovnako ako pri elektro erozívnych strojoch budeme voliť všetky CNC obrábacie centrá od jedného výrobcu z vyššie uvedených dôvodov. Budeme voliť stroj Hermle C32 ktorý pracuje v 5-tich osiach s menším rozmerom stola. Ďalším typom bude Hermle C400 osadený klasickým stolom a bude schopný pracovať v 3-och osiach, čo nám postačuje, pretože na tomto stroji budú primárne obrábané rozmerovo veľké kusy s nižšou tvarovou náročnosťou. Počet strojov a ich pomer upraví kapacitné prepočty.

**HERMLE C32**

- Maximálna hmotnosť obrobku – 600 kg
- Rozjazdy v osách (X/Y/Z) – 650x650x500 mm
- Maximálne rýchlosti pojazdu (X/Y/Z) – 45/45/40 m/min
- Maximálne otáčky vretena – 10000 ot./min
- Maximálny výkon / točivý moment – 29 kW / 200 Nm
- Riadaci systém – Heidenhein TNC 640
- Zásobník nástrojov – 36 kusov
- Doba výmeny nástroja – cca 4,6 s
- Hmotnosť stroja – 11 t
- Obrábanie v 5-tich osiach
- Pôdorys stroja – 3680x2520 mm



Obr. 4 CNC obrábacie centrum HERMLE C 32 [11].

**HERMLE C400**

- Maximálna hmotnosť obrobku – 2000 kg
- Rozjazdy v osách (X/Y/Z) – 850x700x500 mm
- Maximálne rýchlosti pojazdu (X/Y/Z) – 35/35/35 m/min
- Maximálne otáčky vretena – 15000 ot./min
- Maximálny výkon / točivý moment – 20 kW / 180 Nm
- Riadaci systém – Heidenhein TNC 640
- Zásobník nástrojov – 38 kusov
- Doba výmeny nástroja – cca 6 s
- Hmotnosť stroja – 9,5 t
- Obrábanie v 3 osiach
- Pôdorys stroja – 3250x2310 mm



Obr. 5 CNC obrábacie centrum HERMLE C400 [11].

**1.5.1.4 Konvenčné frézovanie**

Konvenčné frézovanie je činnosť, ktorá sa vykonáva na konvenčných frézoch. Použitie konvenčnej frézky je veľmi výhodné hlavne pre výrobu jednoduchších súčastí s veľmi nízkou sériovosťou. Taktiež je použitie vhodné na rôzne opravy.

**TOS Olomouc – F2V-R**

- Maximálna hmotnosť obrobku – 200 kg
- Rozmery stola – 300x1300 mm
- Rozjazdy v osách (X/Y/Z) – 840x376x420 mm
- Maximálne otáčky vretena – 4000 ot./min
- Maximálny výkon – 2,2 kW



- Hmotnosť stroja – 1550 kg
- Obrábanie v 3 osiach
- Možnosť otočenia vretena o 90 °
- Uloženie vretena vo výsuvnej pinole pre možnosť jednoduchého vŕtania otvorov
- Pôdorys stroja – 2660x1760 mm



Obr. 6 Konvenčná frézka TOS F2V-R [19].

### 1.5.1.5 Sústruženie

Technologická operácia sústruženia sa pri výrobe vstrekovacích nástrojov používa hlavne na výrobu vodiacich tyčí, prípadne na výrobu atypických rozmerov závitov alebo výrobu súčastí rotačného tvaru.

#### TRENS SN 50C

- Maximálne otáčky vretena – 2000 ot./min
- Maximálny výkon / moment – 5,5 kW / 1200 Nm
- Maximálny obežný priemer obrobku – 500 mm
- Vzdialenosť medzi hrotmi – 1000 mm
- Hmotnosť stroja – 1735 kg
- Pôdorys stroja – 2640x1100 mm



Obr. 7 Hrotový sústruh TRENS SN 50 C [18].

### 1.5.1.6 Brúsenie rotačných súčastí

Využíva sa ako dokončovacia operácia po sústružení, respektíve dokončovacia operácia po kalení rotačných súčastí z dôvodu opalku. Brúsením dosahujeme vysokú geometrickú presnosť tvaru ako aj kvalitu plochy.

#### TOS BUA 25A

- Maximálny výkon motora – 8 kW
- Maximálny obežný priemer obrobku – 315 mm
- Vzdialenosť medzi hrotmi – 750 mm
- Maximálna hmotnosť obrobku – 250 kg
- Minimálny / maximálny priemer brúsneho kotúča – 50/400 mm
- Pôdorys stroja – 2000x1750 mm



Obr. 8 Brúska „na guľato“ [15].

### 1.5.1.7 Brúsenie rovinných súčastí

Využíva sa ako dokončovacia operácia po frézovaní, respektíve dokončovacia operácia po kalení rovinných súčastí z dôvodu opalku. Brúsenie rovinných súčastí využívame z rovnakých technologických požiadaviek ako brúsenie rotačných súčastí.

#### VOJUS BRH 32

- Maximálny výkon hl. motora – 4 kW
- Maximálny priemer brusného kotúča – 300 mm
- Maximálna hmotnosť obrobku – 250 kg
- Upínacia plocha stola – 320x630 mm
- Maximálne otáčky brúsneho vretena – 2130 ot./min.
- Pozdĺžny pohyb stola – 630 mm
- Pričný pohyb stola – 370-400 mm
- Pôdorys stroja – 2150x1820 mm



Obr. 9 Rovinná brúska BRH 32 [20].

### 1.5.1.8 Zlad'ovanie foriem

Tušírovací lis slúži na zladenie deliacich rovín foriem a funkčnosť tvárnikov. Súčasťou lisu je spodná a horná výsuvná plošina, ktorá umožňuje pohodlné upnutie formy a následné korekcie plôch. Lis je ovládaný hydraulicky. Technické parametre stroja:

#### REIS TUS 90-100 HWK

- Maximálny výkon hl. motora – 7.5 kW
- Lisovací výkon – 100 t
- Hmotnosť lisu – 10000 kg
- Rozmery upínacích dosiek – 900 x 1290 mm
- Pôdorys stroja – 3850x2300 mm



Obr. 10 Tušírovací lis.



### 1.5.2 Sekundárne vybavenie

Medzi sekundárne vybavenie nástrojárne zaraďujeme meradlá pre stanovisko kontroly, software pre konštrukčnú kanceláriu, nástroje pre zámočnícke pracoviská (uhlové brúsky, vŕtačky, závitníky, pneumatické ťahováky, pneumatické rotoféry...) a taktiež ručné nástroje pre pracovisko leštenia zrkadlových plôch nástrojov (rôzne druhy oscilačných brúsok, pneumatické brúsky, ultrazvukové oscilátory, diamantové pilníky a pasty, lupy...).

Nástroje k obrábacím strojom medzi sekundárne vybavenie počítať nebudeme, pretože bude dodané priamo k jednotlivým strojom v jednom balíku. Uvedieme si celkové približné náklady na sekundárne vybavenie. Odhadované náklady na vybavenie nástrojárne činia 405 000 Kč – 540 000 Kč. Nákup softwaru pre konštrukčnú kanceláriu vychádza približne na 675 000 Kč. Dáta sú odvodené z nákupu sekundárneho typu vybavenia podobne orientovaných podnikov.

## 2 KAPACITNÉ PREPOČTY

Pri kapacitných výpočtoch sú vstupnými hodnotami: výrobný plán podniku a od neho sa odvíjajúca norma času určitého výrobného zariadenia, respektíve operácie, ktorá sa na zariadení vykonáva. Ďalšími vstupnými parametrami sú počet kusov, zmennosť prevádzky a efektívny časový fond. Výsledkom kapacitných prepočtov býva potrebný počet strojov a pracovníkov. Princípom každého kapacitného prepočtu je časová bilancia medzi časom ktorý je od pracovnej jednotky požadovaný a časom, ktorým určitá pracovná jednotka disponuje. Časové obdobie býva z pravidla 1 rok. Kapacitné prepočty delíme na statické a dynamické. My budeme využívať definičné vzťahy statických kapacitných prepočtov pretože tie určujú priemerné potreby strojov, personálu a rovnako pracovných plôch za celé časové obdobie. Statické prepočty sa ďalej delia na presné a približné. [6], [17]

**Približné kapacitné prepočty** – používajú sa väčšinou pri projektovaní výrobných priestorov, keď ešte nepoznáme potrebné časy jednotlivých výrobných operácií, respektíve nemáme podrobne spracovanú technickú prípravu výroby. Posudzujú sa na základe priamych alebo nepriamych ukazovateľov. [6]

**Presné kapacitné prepočty** – používajú sa v prípade, že máme k dispozícii podrobnú konštrukčnú a technologickú dokumentáciu, na základe ktorých sme schopný určiť dostatočne presne závery požadovaných kapacít. Uplatňuje sa skôr v sériovej výrobe. [6]

V našom prípade je rozhodnutie na hranici oboch prístupov. Nedisponujeme presným konštrukčným a technologickým plánom nášho výrobného sortimentu pretože každá vyrábaná forma má odlišnosti v tvaroch či rozmeroch. Avšak technologická podobnosť týchto zariadení, ktorá je nevyvrátiteľná, nám dovolila vytvoriť na referenčnej vzorke vstrekovacej formy spĺňajúcej rozmerové kritéria model, ktorý reflektuje priemerné časové fondy jednotlivých technologických procesov. Z toho dôvodu si môžeme dovoliť použiť vzťahy presných kapacitných prepočtov.

### 2.1 Efektívny časový fond

Efektívny časový fond predstavuje množstvo disponibilného času určitej pracovnej jednotky. Rozlišujeme efektívny časový fond strojného pracoviska, ručného pracoviska a tiež pracovníka. V prípade efektívneho časového fondu strojného pracoviska je disponibilný čas skrátený o predpokladaný čas opráv a údržby strojov. V prípade efektívneho časového fondu pracovníka odčítame od časového fondu ručného pracoviska počet dní dovolenky a tiež priemernú hodnotu času stráveného pracovníkom kvôli chorobe mimo pracoviska. Efektívne časové fondy sa obvykle vyjadrujú pre jednu zmenu za obdobie jedného roka. [6]

#### 2.1.1 Efektívny časový fond ručného pracoviska

Teoretickú hodnotu  $E_r$  vypočítame pomocou vzťahu (2.1) na určenie efektívneho časového fondu ručného pracoviska, podľa vzťahu uvedeného v literatúre [6]:

$$E_r = (K_c - S - N - S_v) \cdot 8 \text{ [hod./rok]} \quad (2.1)$$

$E_r$  – efektívny časový fond ručného pracoviska [hod./rok]

$K_c$  – celkový počet dní v kalendárnom roku [-]

$S$  – počet sobôt [dni/rok]

$N$  – počet nedelí [dni/rok]

$S_v$  – počet štátnych sviatkov [dni/rok]

$$E_r = (K_c - S - N - S_v) \cdot 8 = (365 - 53 - 52 - 11) \cdot 8 = 1992 \text{ [hod./rok]} \quad (2.2)$$

### 2.1.2 Efektívny časový fond strojného pracoviska

Empirickými zisteniami a následným štatistickým spracovaním dát sa zistilo, že priemerne 10 až 12 % z časového fondu strojného pracoviska činia opravy či plánované údržby strojov. [6]

Hodnotu  $E_s$  získame použitím vzťahu číslo (2.3) na určenie efektívneho strojného času pracoviska, podľa vzťahu uvedeného v literatúre [6]:

$$E_s = E_r - (0,1 \cdot E_r) \text{ [hod./rok]} \quad (2.3)$$

$E_s$  – efektívny časový fond strojného pracoviska [hod./rok]

$E_r$  – efektívny časový fond ručného pracoviska [hod./rok]

$$E_s = E_r - (0,1 \cdot E_r) = 1992 - (0,1 \cdot 1992) = 1792,8 \text{ [hod./rok]} \quad (2.4)$$

### 2.1.3 Efektívny časový fond pracovníka

Priemerný počet dní dovolenky pracovníka sa obvykle zavádza minimálna zákonná doba 20 dní za rok. Priemerný počet dní, kedy je pracovník práce neschopný z dôvodu choroby, býva obvykle 15 dní za obdobie jedného roka. Tieto údaje musíme odpočítať od  $E_r$  a tak získame efektívny časový ročný fond na jedného pracovníka. Efektívny časový fond pracovníka vypočítame pomocou vzťahu číslo (2.5). [6]

$$E_p = E_r - (D + N) \cdot 8 \text{ [hod./rok]} \quad (2.5)$$

$E_p$  – efektívny časový fond pracovníka [hod./rok]

$E_r$  – efektívny časový fond ručného pracoviska [hod./rok]

$N$  – priemerný počet dní práce neschopnosti z dôvodu choroby [dni/rok]

$D$  – zákonný počet dní dovolenky [dni/rok]

$$E_p = E_r - (D + N) \cdot 8 = 1992 - (20 + 15) \cdot 8 = 1712 \text{ [hod./rok]} \quad (2.6)$$

## 2.2 Potrebný počet pracovísk

Pri výpočte potrebného počtu strojných pracovísk získame vynásobením normovaného času na jednu technologickú operáciu na danej súčasti s počtom daných súčastí. Následne hodnotu podelíme pripadajúcim efektívnym časovým fondom, počtom pracovných zmien a tiež zavádzame koeficient prekračovania noriem. Hodnota koeficientu bola z empirických pozorovaní určená v intervale 1,1 až 1,3. Priemerne dosahuje hodnoty 1,2 pre strojné pracoviská a 1,25 pre pracoviská ručné. Zistený teoretický počet pracovísk z pravidla zaokrúhľujeme smerom nahor a tak získame skutočný počet pracovísk pre i-tú operáciu  $P_{ski}$ . [6]

### 2.2.1 Množstvo strojných pracovísk

Pri výpočtoch vychádzame z definičného vzťahu číslo (2.7) pre výpočet teoretického množstva strojných pracovísk, podľa vzťahu uvedeného v literatúre [6]:

$$P_{thi} = \frac{t_{ki} \cdot N}{E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} \quad (2.7)$$

$P_{thi}$  – teoretický počet strojných pracovísk pre i-tú výrobnú operáciu [-]

$E_s$  – efektívny časový fond strojného pracoviska [hod./rok]

$s_s$  – zmennosť strojného pracoviska [-]

$k_{pns}$  – koeficient prekračovania noriem pre strojné pracovisko [-]

$t_{ki}$  – predpokladaný čas potrebný k uskutočneniu i-tej operácie [hod.]

Vstupné parametre do našich výpočtov získame z kapitoly 1.4.1 tejto práce, kde sme ich patrične okomentovali. Medzi strojné operácie ktoré budeme využívať zaradujeme:

- Elektroerozívne rezanie – 62 hodín.....1
- Elektroerozívne hĺbenie – 186 hodín.....2
- Frézovanie na CNC – 310 hodín.....3
- Frézovanie konvenčné – 62 hodín.....4
- Sústruženie – 62 hodín.....5
- Brúsenie rotačných súčastí – 62 hodín.....6
- Brúsenie rovinných súčastí – 124 hodín.....7

Uvedeným technologickým operáciám sme priradili číselné hodnoty, ktoré reprezentujú číslo i-tej výrobnej operácie.

Percentuálne využitie strojného pracoviska i-tej operácie získame pomerom teoretickej a skutočnej hodnoty počtu strojov. Pri výpočtoch budeme používať definičný vzťah číslo (2.5), uvedený v odbornej literatúre [6]:

$$\eta_i = \frac{P_{thi}}{P_{ski}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.8)$$

$\eta_i$  – percentuálne časové využitie pracoviska i-tej operácie [%]

$P_{thi}$  – teoretický počet strojných pracovísk pre i-tú výrobnú operáciu [-]

$P_{ski}$  – skutočný počet strojných pracovísk pre i-tú výrobnú operáciu [-]

### Počet strojov pre operáciu $P_{th1}$ :

$N = 50$  ks/rok

$E_s = 1792,8$  hod./rok

$s_s = 2$

$k_{pns} = 1,2$

$t_{k1} = 62$  hod.

$$P_{th1} = \frac{t_{k1} \cdot N}{E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{62 \cdot 50}{1792,8 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,72 \quad (2.9)$$

$$\eta_1 = \frac{P_{th1}}{P_{sk1}} \cdot 100 = \frac{0,72}{1} \cdot 100 = 72\% \quad (2.10)$$

Teoretický počet strojov pre technologickú operáciu číslo 1 vyšiel 0,72. Z toho dôvodu volím skutočný počet strojov  $P_{sk1} = 1$  ks.

Výpočty pre ďalšie operácie  $P_{th2-7}$  a  $\eta_{2-7}$  sú analogicky úplne rovnaké ako výpočet pre i-tú operáciu číslo 1, zobrazíme ich výsledné hodnoty iba v záverečnej tabuľke z dôvodu zachovania prehľadnosti celej práce.

Výstupom kapacitných prepočtov strojných zariadení je tabuľka číslo (1.1) ktorá prehľadne odzrkadľuje zistené hodnoty teoretického, skutočného počtu strojov a tiež ich percentuálne využitie.

Tab. 1 Výsledné hodnoty kapacitných prepočtov strojov.

Číslo i-tej operácie [-]	Teoretický počet strojov $P_{thi}$ [-]	Skutočný počet strojov $P_{ski}$ [-]	Percentuálne využitie $\eta_i$ [%]
1	0,72	1	72 %
2	2,16	3	72 %
3	3,6	4	90 %
4	0,72	1	72 %
5	0,72	1	72 %
6	0,72	1	72 %
7	1,44	2	72 %

## 2.2.2 Množstvo ručných pracovísk

Potrebný počet ručných pracovísk získame použitím analogicky podobných vzťahov ako pri výpočte strojných pracovísk. Jedinou zmenou je zavedenie efektívneho časového fondu ručného pracoviska. Taktiež koeficient prekračovania noriem nadobúda priemerné hodnoty 1,25 pri ručných pracoviskách. Koeficient prekračovania noriem číselne popisuje nadobudnutie praxe pracovníka a následné skrátenie danej operácie. [6]

Pri výpočtoch vychádzame z definičného vzťahu číslo (2.11) pre výpočet teoretického množstva strojných pracovísk, ktorý je uvedený v literatúre [6]:

$$P_{thi} = \frac{t_{ki} \cdot N}{E_r \cdot S_r \cdot k_{pnr}} \quad (2.11)$$

$P_{thi}$  – teoretický počet strojných pracovísk pre i-tú výrobnú operáciu [-]

$E_r$  – efektívny časový fond ručného pracoviska [hod. / rok]

$S_r$  – zmennosť ručného pracoviska [-]

$k_{pnr}$  – koeficient prekračovania noriem pre ručné pracovisko [-]

$t_{ki}$  – predpokladaný čas potrebný k uskutočneniu i-tej operácie [hod.]

Percentuálne využitie ručného pracoviska i-tej operácie získame obdobným spôsobom ako pri strojnom pracovisku. Využijeme vzťah číslo (2.12).

$$\eta_i = \frac{P_{thi}}{P_{ski}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (2.12)$$

Vstupné parametre do našich výpočtov získame z kapitoly 1.4.1 tejto práce, kde sme ich patrične okomentovali. Medzi ručné operácie ktoré budeme využívať zaraďujeme:

- Zámočnicke práce – 124 hodín.....8
- Nástrojárske práce – 248 hodín.....9

#### Počet ručných pracovísk pre operáciu $P_{th8}$ :

$N = 50$  ks/rok

$E_r = 1992$  hod./rok

$S_r = 2$

$k_{pnr} = 1,25$

$t_{k8} = 124$  hod.

$$P_{th8} = \frac{t_{k8} \cdot N}{E_r \cdot S_r \cdot k_{pnr}} = \frac{124 \cdot 50}{1992 \cdot 2 \cdot 1,25} = 1,245 \quad (2.13)$$

$$\eta_8 = \frac{P_{th8}}{P_{sk8}} \cdot 100 = \frac{1,245}{2} \cdot 100 = 62,25 \% \quad (2.14)$$

Teoretický počet ručných pracovísk pre technologickú operáciu číslo 8 vyšiel 1,245. Z toho dôvodu volím skutočný počet pracovísk  $P_{sk8} = 2$  ks.

#### Počet ručných pracovísk pre operáciu $P_{th9}$ :

$N = 50$  ks/rok

$E_r = 1992$  hod./rok

$S_r = 2$

$k_{pnr} = 1,25$

$t_{k9} = 248$  hod.

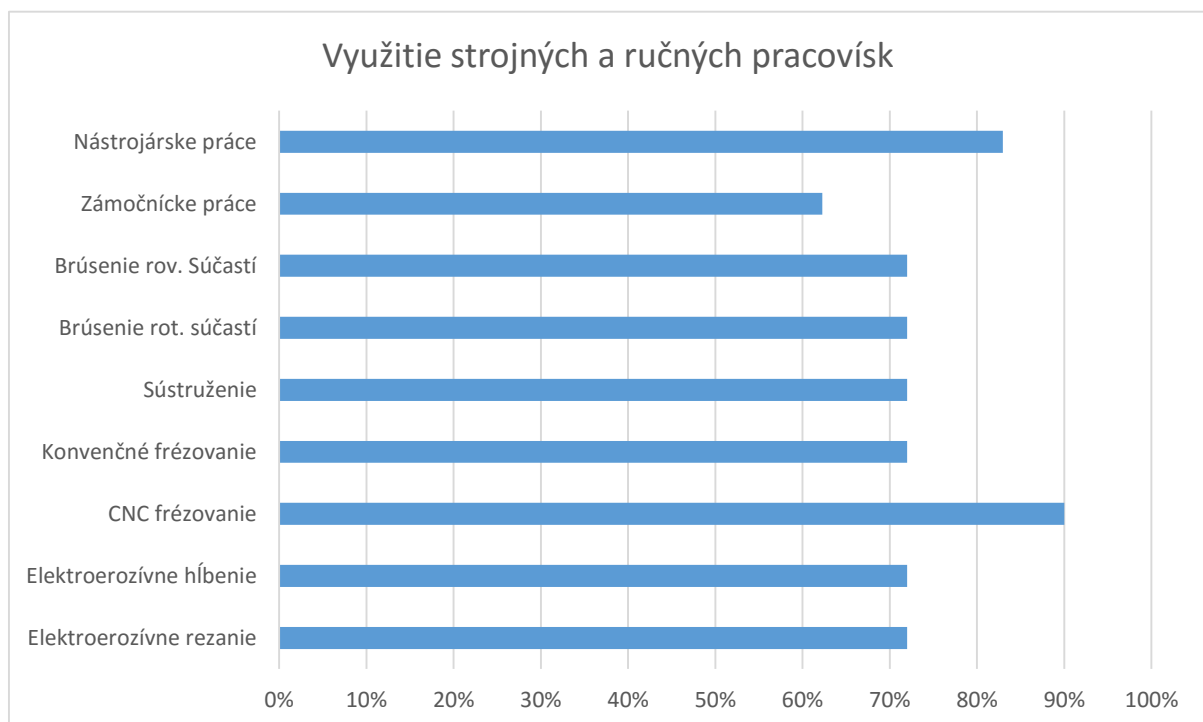
$$P_{th9} = \frac{t_{k9} \cdot N}{E_r \cdot S_r \cdot k_{pnr}} = \frac{248 \cdot 50}{1992 \cdot 2 \cdot 1,25} = 2,489 \quad (2.15)$$

$$\eta_9 = \frac{P_{th9}}{P_{sk9}} \cdot 100 = \frac{2,489}{3} \cdot 100 = 82,97 \% \quad (2.16)$$

Teoretický počet ručných pracovísk pre technologickú operáciu číslo 9 vyšiel 2,489. Z toho dôvodu volím skutočný počet pracovísk  $P_{sk9} = 3$  ks.

### 2.2.3 Využitie pracovísk

Obr. číslo 10 vykresluje vypočítané hodnoty využitia strojných a ručných pracovísk vyjadrené percentuálne.



Obr. 11 Využitie projektovaných pracovísk.

## 2.3 Viacstrojová obsluha

Viacstrojová obsluha sa uplatňuje v podnikoch, kde technologicky príbuzná operácia na strojnom pracovisku presahuje aspoň 15 minút. V takom prípade sa snažíme stroje rozmiestniť s ohľadom na možnosť obsluhy jedným pracovníkom. Aplikáciou tohto prístupu dokážeme výrazne ovplyvniť produktivitu práce zamestnancov. Viacstrojová obsluha prináša so sebou tri základné teoretické modely možných stavov:

- obsluha čaká na stroj,
- stroj čaká na obsluhu,
- obsluha ani stroj nečaká.

Viacstrojovú obsluhu je v našom prípade možné aplikovať na stanovisku elektroerozívneho obrábania. Ideálny prípad nastáva keď pracovník ani stroj nečaká, ako popisuje prvý cyklogram. Tento stav je však veľkou výzvou pre plánovačov

výroby a to hlavne v prípade menšieho objemu výrobnej dávky. Viac strojová obsluha je jedným z optimalizačných nástrojov, ktorý aplikujeme priamo v kapacitných výpočtoch zamestnancov. Táto optimalizácia ma rovnako pozitívny vplyv na celkovú plochu podniku pretože s klesajúcim počtom zamestnancov klesajú priamo úmerne nároky na sociálne plochy podniku. [6]

## 2.4 Kapacitné prepočty zamestnancov

Počet pracovníkov získavame postupným rozborom jednotlivých technologických operácií. Do úvahy je potrebné brať aj zmenu výrobného podniku. Pre 2 zmenu prevádzku platí, že počet pracovníkov zaisťujúcich chod prvej zmeny sa rovná počtu pracovníkov druhej zmeny. V nami navrhovanej nástrojární budeme počítať s viac strojovou obsluhou pre niektoré technologické operácie. Preto sme si uviedli základné pojmy viac strojovej obsluhy a popísali teoretické stavy, ktoré môžu nastať. [6], [3]

### 2.4.1 Počet strojných pracovníkov

Počty pracovníkov sa vzťahujú k jednotlivej technologickej operácii. Preto je hlavným vstupným parametrom celkový čas jednotlivej operácie analogicky ako v prípade kapacitných výpočtov množstva pracovísk.

Pri výpočtoch vychádzame z definičného vzťahu číslo (2.17) pre výpočet množstva strojných zamestnancov, popísaný v práci [6]:

$$D_{vs1i} = \frac{t_{ki} \cdot N}{E_s \cdot s_s \cdot k_{pns} \cdot a} \quad (2.17)$$

$D_{vs1i}$  – počet strojných pracovníkov pre prvú zmenu i-tej operácie [-]

$N$  – plánovaný ročný počet vyrábaných kusov [-]

$t_{ki}$  – predpokladaný čas potrebný k vykonaniu i-tej operácie [hod]

$E_s$  – efektívny časový fond strojný [hod./rok]

$s_s$  – zmennosť strojná

$a$  – koeficient viacstrojovej obsluhy

Koeficient viacstrojovej obsluhy závisí na množstve strojov, ktoré dokáže obsluhovať jeden zamestnanec v určitej technologickej operácii na určitom pracovisku.

Výpočtový vzťah (2.18) pre zistenie množstva pracovníkov druhej zmeny [6]:

$$D_{vs2i} = (s_s - 1) \cdot D_{vs1i} \quad (2.18)$$

$D_{vs2i}$  – počet strojných pracovníkov druhej zmeny i-tej operácie [-]

### Výpočet strojných pracovníkov pre operáciu 1:

$N = 50$  ks/rok

$E_s = 1792,8$  hod./rok

$s_s = 2$

$k_{pns} = 1,2$

$t_{k1} = 62$  hod.

$a = 1$



$$D_{vs11} = \frac{t_{k1} \cdot N}{E_s \cdot s_s \cdot k_{pns} \cdot a} = \frac{62 \cdot 50}{1792,8 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 1} = 0,72 \quad (2.19)$$

$$D_{vs21} = (s_s - 1) \cdot D_{vs11} = (2 - 1) \cdot 0,72 = 0,72 \quad (2.20)$$

Počet zamestnancov tejto operácie pre každú zmenu vyšiel 0,72. Preto volím 1 zamestnanca pre každú zmenu. Celkovo potrebujeme 2 zamestnancov pre stanoviisko elektroerozívneho rezania.

Množstvo strojných pracovníkov pre ďalšie operácie 2-7 bude uvedené v záverečnej tabuľke z dôvodu zachovania prehľadnosti celej práce. Výpočty sú analogicky totožné s výpočtom množstva strojných pracovníkov pre operáciu 1. Iba v prípade operácie číslo 2 (elektroerozívne hĺbenie) sme aplikovali viac strojovú obsluhu pretože výrobný čas je pri tejto technológii dostatočne dlhý. Do výpočtu sme ju zapracovali vďaka koeficientu viac strojov obsluhy, ktorý sme zvolili 2.

Tab. 2 Hodnoty výpočtov kapacít strojných pracovníkov.

Číslo i-tej operácie [-]	Teoretický počet strojných pracovníkov prvej zmeny $D_{vs1i}$ [-]	Teoretický počet strojných pracovníkov druhej zmeny $D_{vs2i}$ [-]	Skutočný počet strojných pracovníkov prvej zmeny	Skutočný počet strojných pracovníkov druhej zmeny	Celkový počet strojných pracovníkov
1	0,72	0,72	1	1	2
2	1,081	1,081	2	2	4
3	3,61	3,61	4	4	8
4	0,72	0,72	1	1	2
5	0,72	0,72	1	1	2
6	0,72	0,72	1	1	2
7	0,96	0,96	1	1	2

#### 2.4.2 Počet ručných pracovníkov

Pri výpočtoch vychádzame z definičného vzťahu číslo (2.21) pre výpočet množstva ručných zamestnancov. [6], [3]

$$D_{vr1i} = \frac{t_{ki} \cdot N}{E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} \quad (2.21)$$

$D_{vr1i}$  – počet ručných pracovníkov pre prvú zmenu i-tej operácie [-]

$N$  – plánovaný ročný počet vyrábaných kusov [-]

$t_{ki}$  – predpokladaný čas potrebný k vykonaniu i-tej operácie [hod]

$E_r$  – efektívny časový fond ručný [hod./rok]

$s_r$  – zmennosť ručná

Výpočtový vzťah číslo (2.22) pre zistenie množstva pracovníkov druhej zmeny:

$$D_{vr2i} = (s_r - 1) \cdot D_{vr1i} \quad (2.22)$$

$D_{vr2i}$  – počet ručných pracovníkov druhej zmeny  $i$ -tej operácie [-]

### Výpočet ručných pracovníkov pre operáciu 8:

$N = 50$  ks/rok

$E_r = 1992$  hod./rok

$S_r = 2$

$k_{pnr} = 1,25$

$t_{k8} = 124$  hod.

$$D_{vr18} = \frac{t_{k8} \cdot N}{E_r \cdot S_r \cdot k_{pnr}} = \frac{124 \cdot 50}{1992 \cdot 2 \cdot 1,25} = 1,25 \quad (2.23)$$

$$D_{vr28} = (S_r - 1) \cdot D_{vr18} = (2 - 1) \cdot 0,72 = 1,25 \quad (2.24)$$

Počet zamestnancov tejto operácie pre každú zmenu vyšiel 1,25. Preto volím 2 zamestnancov pre každú zmenu. Celkovo potrebujeme 4 zamestnancov pre zámočnícke práce.

### Výpočet ručných pracovníkov pre operáciu 9:

$N = 50$  ks/rok

$E_r = 1992$  hod./rok

$S_r = 2$

$k_{pnr} = 1,25$

$t_{k9} = 248$  hod.

$$D_{vr19} = \frac{t_{k9} \cdot N}{E_r \cdot S_r \cdot k_{pnr}} = \frac{248 \cdot 50}{1992 \cdot 2 \cdot 1,25} = 2,49 \quad (2.25)$$

$$D_{vr29} = (S_r - 1) \cdot D_{vr19} = (2 - 1) \cdot 0,72 = 2,49 \quad (2.26)$$

Počet zamestnancov tejto operácie pre každú zmenu vyšiel 2,49. Preto volím 3 zamestnancov pre každú zmenu. Celkovo potrebujeme 6 zamestnancov pre nástrojárske práce.

Pre strojné pracovisko tušírovacieho lisu REIS TUS 90 – 100 HWK obslužný personál nie je počítaný, pretože stroj nevyžaduje stálu obsluhu. Stroj sa využíva na zladovanie foriem a v čase skúšok je obsluhovaný pracovníkom ručného pracoviska „nástrojárske práce.“

### 2.4.3 Počet pomocných pracovníkov

Počty pomocných pracovníkov sú odvodené od celkového počtu výrobných pracovníkov na základe empirických skúseností a štatistík, ktoré prezentuje číselná konštanta. Pre výpočet všetkých výrobných pracovníkov použijeme vzťah (2.27) a sčítame výrobných pracovníkov ručných aj strojných v oboch zmenách. [6], [3]

$$D_v = s \cdot \sum_{i=1}^{n=9} D_{vs1i} + D_{vr1i} \quad (2.27)$$

$D_v$  – celkový počet výrobných pracovníkov v oboch zmenách  
 $s$  – počet zmien

$$D_v = 2 \cdot (1 + 2 + 4 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 3) = 32 \quad (2.28)$$

Celkový počet výrobných pracovníkov je 32. Teraz zistíme počet pomocných pracovníkov. Získame ho pomocou vzťahu (2.29).

$$D_p = (0,3 - 0,4) \cdot D_v \quad (2.29)$$

$D_p$  – celkový počet pomocných pracovníkov

$$D_p = 0,3 \cdot D_v = 0,3 \cdot 32 = 9,6 \quad (2.29)$$

Celkový počet pomocného personálu je 10 osôb, ktoré budú rozdelené v pomere 1:1 (prvá : druhá) zmena.

#### 2.4.4 Evidenčný počet pracovníkov pre obe zmeny

Evidenčný počet pracovníkov zahŕňa celkové množstvo zamestnancov, ktorých musíme prijať. Je to teda množina zamestnancov ktorá je dimenzovaná aj na zástup pre pracovníkov, ktorí čerpajú dovolenku alebo sú práce neschopný zo zdravotných dôvodov. Pre výpočet evidenčných stavov budeme potrebovať zistiť celkový počet strojných a ručných pracovníkov. Vypočítame ich podľa vzťahov (2.30) a (2.31). [6], [3]

$$D_{vs} = 2 \cdot \sum_{i=1}^{n=9} D_{vs1i} + D_{vs2i} = 2 \cdot (1 + 2 + 4 + 1 + 1 + 1 + 1) = 22 \quad (2.30)$$

$$D_{vr} = 2 \cdot \sum_{i=1}^{n=9} D_{vr1i} + D_{vr2i} = 2 \cdot (2 + 3) = 10 \quad (2.31)$$

Pre výpočet celkového počtu tejto množiny, musíme vypočítať jednotlivé zložky evidenčných pracovníkov podľa pracovných skupín. Na výpočet použijeme vzorce (2.32), (2.33), (2.34), uvedené v literatúre [6]:

$$D_{evs} = D_{vs} \cdot \frac{E_s}{E_p} = 22 \cdot \frac{1792,8}{1712} = 23,04 = 23 \quad (2.32)$$

$$D_{evr} = D_{vr} \cdot \frac{E_r}{E_p} = 10 \cdot \frac{1992}{1712} = 11,64 = 12 \quad (2.33)$$

$$D_{evp} = 1,1 \cdot D_p = 1,1 \cdot 10 = 11 \quad (2.34)$$

$D_{evs}$  – evidenčný stav strojných pracovníkov pre obe zmeny

$D_{evr}$  – evidenčný stav ručných pracovníkov pre obe zmeny

$D_{evp}$  – evidenčný stav pomocných pracovníkov pre obe zmeny

Celkový počet evidenčných pracovníkov vypočítame podľa vzťahu číslo (2.35).

$$D_{evc} = D_{evs} + D_{evr} + D_{evp} = 23 + 12 + 11 = 46 \quad (2.35)$$

#### 2.4.5 Pomocný a obslužný personál

Táto skupina zahŕňa pracovníkov, ktorý majú hierarchicky pre výrobu podniku najnižší význam, sú to napríklad upratovačky, personál v závodnej jedálni a podobne. Týchto pracovníkov však počítat' nebudeme pretože všetky služby spojené s pomocnou a obslužnou pracovnou silou budeme zaisťovať externou firmou. [6], [3]

#### 2.4.6 Počet pracovníkov ITA

Pracovníci ITA – inžiniersko-technický a administratívny pracovníci. Ako vyplýva z názvu jedná sa o zamestnancov konštrukčnej kancelárie, administratívnych pracovníkov a pracovníkov technológie a operatívneho riadenia. Množstvo týchto zamestnancov sa počíta na základe odsledovaných percentuálnych hodnôt vo výrobných podnikoch. V prvom kroku si vypočítame celkový počet ITA pracovníkov a následne ho rozdelíme v danom pomere pre jednotlivé skupiny. [6], [3]

Celkový počet ITA pracovníkov reflektuje výpočtový vzťah číslo (2.36), získaný z práce [6]:

$$ITA = (0,15 - 0,25) \cdot D_{evc} \quad (2.36)$$

Percentuálne hodnoty rozdelenia ITA pracovníkov:

- 30% - administratíva,
- 25% - konštrukcia,
- 45% - operatívne riadenie.

$$ITA_{teor.} = 0,25 \cdot D_{evc} = 0,25 \cdot 46 = 10,58 = 11,5 \quad (2.37)$$

Konštrukčná kancelária – 3 – 3 pracovníci.

Administratívne pracovisko – 3,6 – 4 pracovníci.

Operatívne riadenie (technológia + vedúci) – 5,4 – 6 pracovníkov.

### 2.4.7 Počet pracovníkov kontroly

Počet pracovníkov kontroly sa odvíja od počtu strojných zamestnancov, kedy ich počet násobíme percentuálnou konštantou, ktorá bola zistená na základe pozorovaní. Určuje ho matematický vzťah (2.38). [6], [3]

$$D_k = 0,06 \cdot D_{evs} = 0,06 \cdot 23 = 1,38 \quad (2.38)$$

Hodnotu zaokrúhlime na celkovo 2 pracovníkov kontroly a rozdelíme ich rovnomerne po jednom pre každú zmenu.

### 2.4.8 Celkový počet pracovníkov podniku

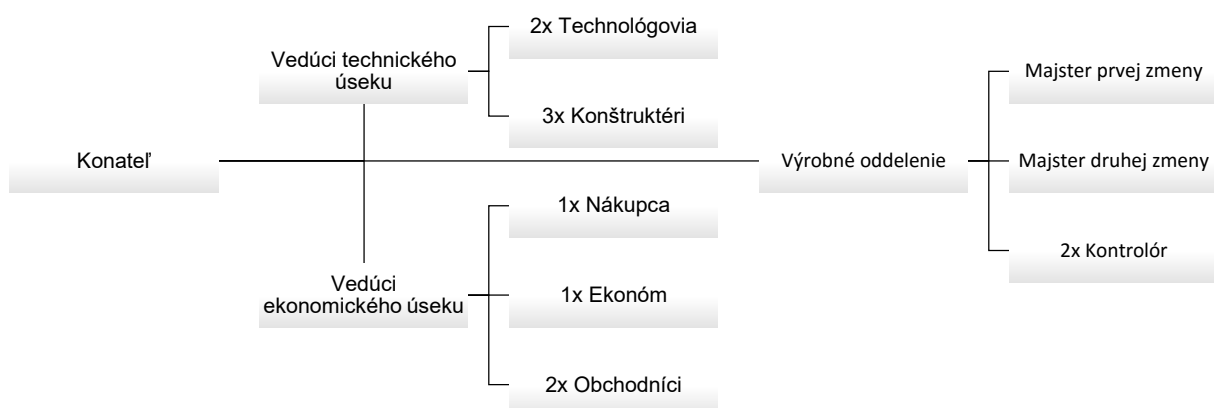
Celkový počet zamestnancov  $D_c$  získame súčtom ITA pracovníkov a celkovým stavom evidenčných pracovníkov podľa vzorca (2.39).

$$D_c = ITA + D_{evc} + D_k = 12 + 46 + 2 = 60 \quad (2.39)$$

Navrhovaná nástrojáreň bude disponovať celkovo 60 zamestnancami.

## 2.5 Organizačná štruktúra podniku

Organizačná štruktúra podniku je oficiálne kodifikované usporiadanie vzťahov na základe hierarchie medzi jednotlivými pracovnými miestami v rámci organizácie. Zahŕňa vzťahy nadriadenosti a podriadenosti a rieši vzájomné kompetencie, väzby a zodpovednosť, definuje práva a povinnosti jednotlivých štruktúr. Optimálna organizačná štruktúra neexistuje, existujú len štruktúry ktoré optimálne využívajú manažment a pracovníkov k dosiahnutiu cieľov podniku. [14]



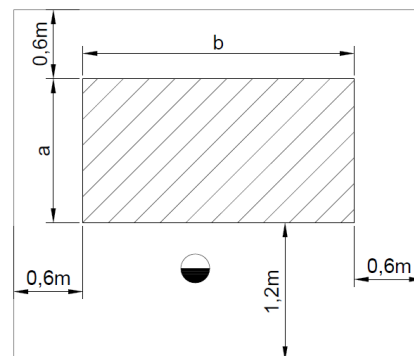
Obr. 12 Schéma organizačnej štruktúry projektovanej nástrojárne.

## 2.6 Výpočet plôch podniku

Výpočet rozmerov plôch podniku je dôležitým vstupom do celkového návrhu dispozičného riešenia technologického projektu. Vďaka výpočtom jednotlivých rozmerov plôch podniku stanovíme celkovú plochu potrebnú pre zabezpečenie našej prevádzky a následne budeme schopný určiť modelovú výrobnú halu. Výpočty sa delia do jednotlivých sekcií v súvislosti s charakterom využitia jednotlivých plôch. [6]

### 2.6.1 Plochy strojných pracovísk

Plocha strojného pracoviska vychádza z pôdorysného rozmeru stroja a pripočítania potrebných plôch pre obsluhu stroja, paletu s materiálom či plochy manipulačných uličiek. V literatúre sa často uvádza, že túto plochu, nazývanú mernou plochou strojného pracoviska určíme tak, že k pôdorysnej ploche pripočítame 0,6 m k trom stranám a 1,2 m k strane kde pracuje obsluha stroja. [6]



Obr. 13 Veľkosť výrobnej plochy.

Výrobnú plochu strojného pracoviska získame použitím vzorca (2.40), ktorý je uvedený v literatúre [6]:

$$F_{si} = \sum_{i=1}^m f_{si} \cdot n_i \quad (2.40)$$

$F_{si}$  – výrobná plocha i-tého strojného pracoviska [ $m^2$ ]

$f_{si}$  – merná plocha strojného pracoviska i-tého typu [ $m^2$ ]

$n_i$  – počet strojov i-tého typu

#### Výrobná plocha stroja AGIE Agiecut Classic 2

$a_1 = 1,64 \text{ m}$

$b_1 = 2,04 \text{ m}$

$n_1 = 1 \text{ ks}$

$$\begin{aligned} f_{s1} &= a_1 \cdot b_1 + 0,6 \cdot (a_1 + 2 \cdot 0,6) + 2 \cdot 0,6 \cdot b_1 + 1,2 \cdot (a_1 + 2 \cdot 0,6) \\ &= 1,64 \cdot 2,04 + 0,6 \cdot (1,64 + 2 \cdot 0,6) + 2 \cdot 0,6 \cdot 2,04 + 1,2 \cdot (1,64 + 2 \cdot 0,6) = 10,91 \text{ m}^2 \end{aligned} \quad (2.41)$$

$$F_{s1} = f_{s1} \cdot n_1 = 10,91 \cdot 1 = 10,91 \text{ m}^2 \quad (2.42)$$

Ďalšie výpočty plôch strojov sú z hľadiska analógie výpočtu totožné a preto si závery kvôli zachovaniu prehľadnosti zobrazíme v tabuľke.

Tab. 3 Plochy jednotlivých strojných pracovísk.

Názov stroja	Plocha stroja [m <sup>2</sup> ]	Počet strojov	Celková plocha [m <sup>2</sup> ]
Agie Agiecut Classic 2	10,91	1	10,91
Agie Mondo Star 20	8,06	2	16,12
Agie Mondo Star 50	10,34	1	10,34
Hermle C32	21,1	3	63,3
Hermle C400	19,8	1	19,8
TOS F2V – R	13,75	1	13,75
Trens SN 50 C	11,14	1	11,14
TOS BUA 25 A	11,36	1	11,36
Vojus BRH 32	12,13	2	24,26
REIS TUS 90-100 HWK	20,7	1	20,7

Celkovú plochu strojného pracoviska získame ako súčet jednotlivých výrobných plôch strojov ako nám reflektuje vzorec číslo (2.43).

$$\begin{aligned}
 F_s &= F_{s1} + F_{s2} + F_{s3} + F_{s4} + F_{s5} + F_{s6} + F_{s7} + F_{s8} + F_{s9} + F_{s10} \\
 &= 10,91 + 16,12 + 10,34 + 63,30 + 19,8 + 13,75 + 11,14 \\
 &\quad + 11,36 + 24,26 + 20,7 = 191,68 \text{ m}^2
 \end{aligned}
 \tag{2.43}$$

## 2.6.2 Plochy ručných pracovísk

Mernú plochu ručného pracoviska sme určili na 6 m<sup>2</sup> pre zámočnícke práce a 8 m<sup>2</sup> pre nástrojárske práce. Plochu ručného pracoviska získame využitím vzťahu číslo (2.44). [6]

$$F_{ri} = f_{ri} \cdot P_{ri} \tag{2.44}$$

$f_{ri}$  – merná plocha i-teho ručného pracoviska [m<sup>2</sup>]

$P_{ri}$  – počet ručných pracovísk i-teho druhu

$F_{ri}$  – výrobná plocha i-teho ručného pracoviska [m<sup>2</sup>]

### Výrobná plocha zámočníckeho pracoviska

$$f_{r1} = 6 \text{ m}^2$$

$$P_{r1} = 2$$

$$F_{r1} = f_{r1} \cdot P_{r1} = 6 \cdot 2 = 12 \text{ m}^2 \tag{2.45}$$

### Výrobná plocha nástrojárskeho pracoviska

$$f_{r2} = 8 \text{ m}^2$$

$$P_{r2} = 3$$

$$F_{r2} = f_{r2} \cdot P_{r2} = 8 \cdot 3 = 24 \text{ m}^2 \quad (2.46)$$

#### 2.6.3 Pomocná podlahová plocha

Výmera pomocnej podlahovej plochy tvorí 40 % – 60 % z celkovej výrobnéj podlahovej plochy, ktorú tvorí plocha ručných a strojných pracovísk. Pomocná podlahová plocha sa ďalej delí na plochu pre hospodárenie s náradím, plocha pre údržbu, plocha skladov, dopravných ciest a kontrolné plochy. [6], [3]

Na výpočet pomocnej podlahovej plochy sme použili výpočtový vzťah číslo (2.47) z literatúry [6]:

$$F_p = (0,4 - 0,6) \cdot F_v = F_{phn} + F_{pu} + F_{pskl} + F_{pdc} + F_{pk} \quad (2.47)$$

$F_p$  – pomocná podlahová plocha [ $\text{m}^2$ ]

$F_v$  – súčet strojnej a ručnej výrobnéj plochy [ $\text{m}^2$ ]

$F_{phn}$  – (0,14 – 0,16)  $F_p$  [ $\text{m}^2$ ] – plocha pre hospodárenie s náradím

$F_{pu}$  – (0,14 – 0,16)  $F_p$  [ $\text{m}^2$ ] – plocha pre údržbu

$F_{pskl}$  – (0,27 – 0,30)  $F_p$  [ $\text{m}^2$ ] – plocha skladu

$F_{pdc}$  – (0,32 – 0,35)  $F_p$  [ $\text{m}^2$ ] – plocha dopravných ciest

$F_{pk}$  – (0,07 – 0,09)  $F_p$  [ $\text{m}^2$ ] – kontrolná plocha

$$F_p = 0,5 \cdot (F_r + F_s) = 0,5 \cdot (191,68 + 36) = 113,84 \text{ m}^2 \quad (2.48)$$

$$F_{phn} = 0,14 \cdot 113,84 = 15,93 \text{ m}^2 \quad (2.49)$$

$$F_{pu} = 0,14 \cdot 113,84 = 15,93 \text{ m}^2 \quad (2.50)$$

$$F_{pskl} = 0,30 \cdot 113,84 = 34,2 \text{ m}^2 \quad (2.51)$$

$$F_{pdc} = 0,33 \cdot 113,84 = 37,5 \text{ m}^2 \quad (2.52)$$

$$F_{pk} = 0,09 \cdot 113,84 = 10,2 \text{ m}^2 \quad (2.53)$$

#### 2.6.4 Správna plocha

Pri výpočte správnej plochy vychádzame z počtu pracovníkov ITA a normovanej plošnej potreby na pracovníka definovanej skupiny. Vypočítanú plochu následne navyšujeme o 35 % – 40 %. Toto navýšenia tvoria chodby, schodiská a výťahy. Výpočet správnej plochy sa riadi podľa vzťahu číslo (2.54). [6], [3]



$$F_{spr} = (T \cdot (5 - 6 \text{ m}^2) + K \cdot (8 - 12 \text{ m}^2) + A \cdot (4,5 - 5 \text{ m}^2)) \cdot (1,35 - 1,4) \quad (2.54)$$

$F_{spr}$  – správna plocha [ $\text{m}^2$ ]

$T$  – počet technológov

$K$  – počet konštruktérov

$A$  – počet administratívnych pracovníkov

$$F_{spr} = (T \cdot 6 + K \cdot 10 + A \cdot 5) \cdot (1,35 - 1,4) = (6 \cdot 6 + 3 \cdot 10 + 4 \cdot 6) \cdot 1,4 = 126 \text{ m}^2 \quad (2.55)$$

## 2.6.5 Sociálna plocha

Pri výpočte sociálnych plôch sa opäť budeme riadiť empiricky zistenými údajmi, ktoré odpovedajú obvyklým rozmerom šatní, umyvární či WC a ich rozmer prepočítame vzhľadom na našu prevádzku. Plochu šatní a umyvární rozšírime analogicky o 35 % až 40 % ako pri výpočte správnej plochy. Jedno WC pripadá na 15 zamestnancov. [6], [3]

Výpočtové vzťahy číslo (2.56), (2.57), (2.58), (2.59) pre výpočet sociálnych plôch. Výpočtové vzťahy sú uvedené v literatúre [6]:

$$F_{soc} = F_{\text{šat}} + F_{um} + F_{WC} \quad (2.56)$$

$$F_{\text{šat}} = 0,8 \text{ m}^2 \cdot (D_{evc} + D_{pop}) \cdot (1,35 - 1,4) \quad (2.57)$$

$$F_{um} = (0,3 - 0,4 \text{ m}^2) \cdot (D_{evc1} + D_{pop1}) \cdot (1,35 - 1,4) \quad (2.58)$$

$$F_{WC} = 2 \text{ m}^2 \cdot \frac{D_c}{15} \quad (2.59)$$

$F_{soc}$  – celková sociálna plocha [ $\text{m}^2$ ]

$F_{\text{šat}}$  – plocha šatní [ $\text{m}^2$ ]

$F_{um}$  – plocha umyvární [ $\text{m}^2$ ]

$F_{WC}$  – plocha toaliet [ $\text{m}^2$ ]

$$F_{\text{šat}} = 0,8 \cdot (D_{evc} + D_{pop}) \cdot 1,35 = 0,8 \cdot 48 \cdot 1,35 = 51,84 \text{ m}^2 \quad (2.60)$$

$$F_{um} = 0,4 \cdot (D_{evc1} + D_{pop1}) \cdot 1,35 = 0,4 \cdot 24 \cdot 1,35 = 12,96 \text{ m}^2 \quad (2.61)$$

$$F_{WC} = 2 \cdot \frac{D_c}{15} = 2 \cdot \frac{60}{15} = 8 \text{ m}^2 \quad (2.62)$$

$$F_{soc} = F_{\text{šat}} + F_{um} + F_{WC} = 51,84 + 12,96 + 8 = 72,8 \text{ m}^2 \quad (2.63)$$

### 2.6.6 Celková plocha podniku

$$F_{pod.} = F_v + F_p + F_{spr} + F_{soc} = 227,68 + 113,84 + 126 + 72,8 = 540,32 \text{ m}^2 \quad (2.64)$$

Celková podlažná plocha pre potreby navrhovanej nástrojárne, zložená z výrobných, pomocných, sociálnych a administratívnych plôch, tvorí približne 540 m<sup>2</sup>. Výrobná časť podniku bude tvorená jedným podlažím o ploche 341,52 m<sup>2</sup> naopak administratívna časť podniku bude dvojpodlažná.

### 3 NÁVRH VARIANT DISPOZIČNÉHO RIEŠENIA

V tejto kapitole popíšeme základné modely možného usporiadania strojov vo výrobných podnikoch, rovnako budeme klásť dôraz na dodržiavanie bezpečnosti na pracovisku. Uvedieme normu ktorá upravuje rozmiestnenie strojov z hľadiska bezpečnej prevádzky a obsluhy. Naznačíme tiež základné princípy ergonómie na pracovisku, ktoré zvyšujú pohodlie pri práci zamestnancom a teda sekundárne zvyšujú efektivitu ich činnosti.

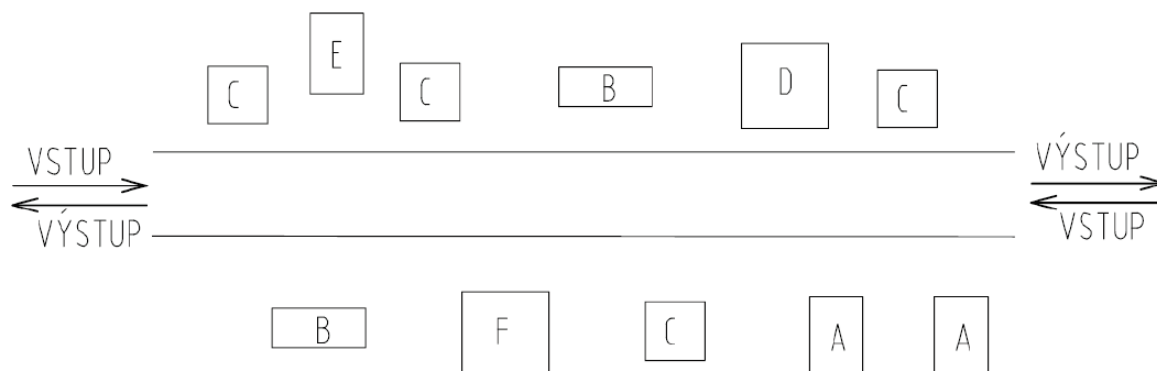
#### 3.1 Základné spôsoby rozmiestnenia strojov a pracovísk

Pred uskutočnením návrhu dispozičného riešenia pracovísk vo výrobnej hale je vhodné brať do úvahy súčasné teoretické poznatky projektovania od ktorých sa môže náš finálny projekt odraziť. Z toho dôvodu si popíšeme základné spôsoby rozmiestnenia strojov a pracovísk. [6]

Každé projektované pracovisko musí byť nielen efektívne, ale musí vytvárať aj bezpečný priestor pre zamestnancov, ktorí sa vo výrobných priestoroch pohybujú a tiež musí byť zaručený bezpečný chod strojov. Preto si uvedieme zásady rozmiestňovania strojov z hľadiska bezpečnosti práce a v návrhovom riešení ich budeme striktné dodržiavať. Popíšeme tiež základné pravidlá tvorby ergonomického pracoviska a uvedieme technické normy, ktoré pracovný priestor upravujú.

##### 3.1.1 Voľné usporiadanie

Tento typ usporiadania sa vyskytuje hlavne v prototypových alebo údržbárskych dielnach, kde nie je možné určiť materiálový tok. Stroje a rovnako pracoviská sú v priestore dielne usporiadané náhodne, avšak aj pri tomto type usporiadania treba brať do úvahy aspoň základné kritériá bezpečnosti a ergonómie. [5], [6]

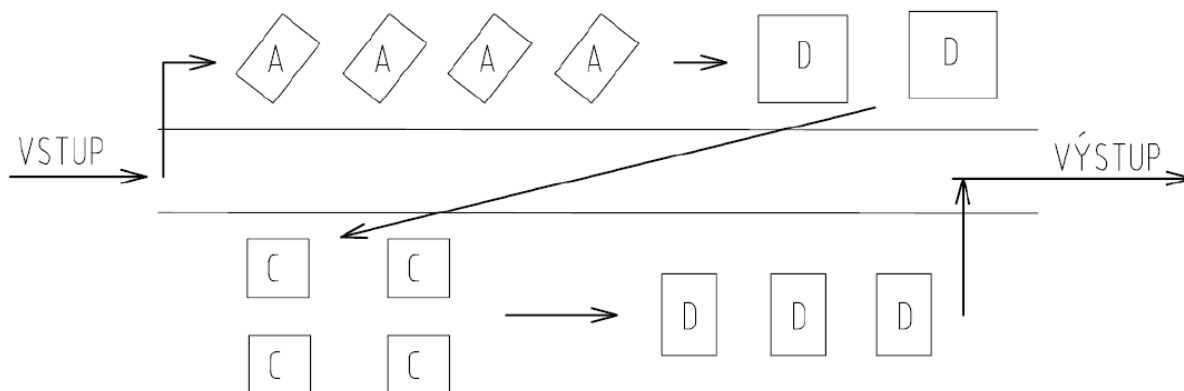


Obr. 14 Schéma voľného usporiadania pracovísk [22], [21].

##### 3.1.2 Technologické usporiadanie

Jednotlivé operácie sú zlučované podľa technologickej príbuznosti a rovnakým spôsobom sú rozmiestňované aj stroje. V našom prípade by to znamenalo že montáž sa bude realizovať v priestoroch na to určených rovnako obrábacie operácie sa budú uskutočňovať v obrobni. Stroje budú usporiadané do skupín podľa ich určenia. Jednu skupinu budú tvoriť frézky, ďalšiu sústruhy a podobne. Toto usporiadanie si nachádza uplatnenie najviac v kusovej či malosériovej výrobe.

Medzi výhody tohto usporiadania sa zaraďujú: možná realizácia viac profesnej obsluhy, lepšie využitie strojov, nižšie náklady na údržbu strojov, poruchy jednotlivých strojov výrazne neovplyvnia výrobu, nižšie náklady na strojné vybavenie. Na druhej strane medzi nevýhody zaraďujeme: zložité a dlhé materiálové toky, väčšia výrobná plocha (uličky ku strojom), vyššie prepravné náklady, väčšie množstvo paliet a medziskladov. [5], [6]



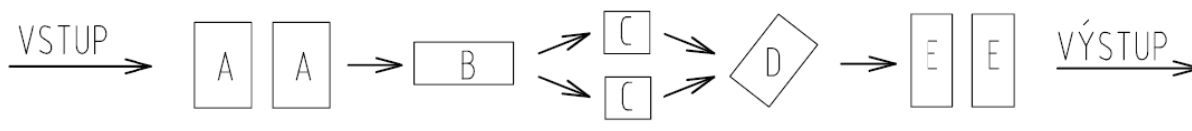
Obr. 15 Schéma technologického usporiadania pracovísk [22], [21].

### 3.1.3 Predmetné usporiadanie

Uplatňuje sa hlavne vo veľkosériovej výrobe. Používajú sa špeciálne mnohokrát jednoúčelové stroje a zariadenia. Pracovníci nemusia byť kvalifikovaní, nastavenie strojov uskutočňujú špecialisti. Pracoviská sú zoradené podľa technologického sledu operácií a vzniká výrobný prúd. V praxi sa jedná o špecializované prevádzky na výrobu typovo podobného sortimentu, napríklad ozubené kolá, vačky, príruby a podobne.

Toto usporiadanie pracovísk však kladie vysoké nároky na technickú prípravu výroby a plánovanie výroby. Dokonalejším stupňom predmetného usporiadania je výrobná linka, respektíve automatizovaná výrobná linka zložená z jednoúčelových strojov prepojených dopravníkmi.

Výhody tejto metódy spočívajú v nízkych skladových nákladoch, krátkych manipulačných cestách, menšej výrobnej ploche, efektívnejšom operatívnom riadení výroby. Nevýhody sú hlavne veľmi náročná zmena výrobného programu, drahá výroba a údržba jednoúčelových strojov. [5], [6]



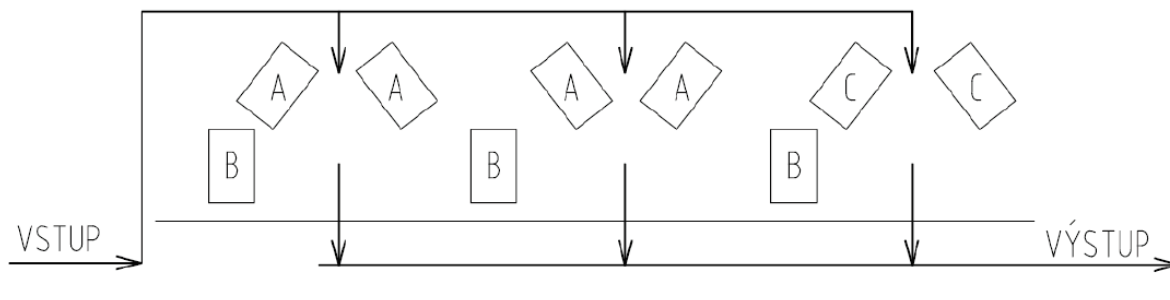
Obr. 16 Schéma predmetného usporiadania pracovísk [22], [21].

### 3.1.4 Modulárne usporiadanie

Toto usporiadanie sa využíva v malosériovej a niekedy aj v kusovej výrobe. Modulárne usporiadanie je ideálne využiť v dvoj respektíve trojzmennej prevádzke. Personál na týchto pracoviskách musí byť dostatočne kvalifikovaný. Výrobné stroje

sa zoskupujú do technologických blokov – modulov pričom jeden modul je určený pre viac technologických operácií. Tvorí ho skupiny pracovísk a jednotlivé pracoviská sa skladajú z CNC strojov alebo obrábacích centier. Pre medzioperačný transport sa zvyknú používať manipulátory.

Medzi výhody v tomto prípade zaraďujeme vysokú produktivitu práce, efektívne riadenie výroby či skrátenie priebežnej doby výroby. Nevýhody sa premietajú do vysokej ceny strojov a zariadení či vyšších nárokov na technickú prípravu výroby. [5], [6]



Obr. 17 Schéma modulárneho usporiadania pracovísk [22], [21].

### 3.1.5 Bunkové usporiadanie

Nazývané tiež výrobnou bunkou ktorá je vysoko produktívny stroj s automatizovaným okolím. Dochádza k automatizácii operačnej i medzioperačnej manipulácie. Pre projektovanie bunkového usporiadania je nevyhnutné zaviesť interné podnikové štandardy. Ideálna je trojzmenná prevádzka.

Výhodami či nevýhodami je táto metóda veľmi príbuzná modulárnemu usporiadaniu. Blízkosť oboch metód sa tiež prejavu pri vhodných podmienkach na realizáciu daného usporiadania. [5], [6]



Obr. 18 Schéma bunkového usporiadania pracovísk [7], [21].

### 3.2 Rozmiestnenie strojov s ohľadom na bezpečnosť práce

Bezpečnosť práce je v dnešnej dobe veľmi dôležitým aspektom priemyselnej produkcie. Detailným dispozičným návrhom, ktorý prihliada na bezpečnostné normy a vyhlášky sme schopní predchádzať zdravotným ujmom zamestnancov či ujmom na majetku. Požiadavky bezpečného rozmiestňovania strojov a zariadení upravuje norma ČSN 73 5105. Najdôležitejšie predpisy, o ktorých norma pojednáva sú: šírky komunikácií pre pracovníkov, šírky komunikácií pre transport nákladov, ale tiež minimálne výšky stropu pre pohyb osôb respektíve pohyb nákladu. Norma tiež upravuje vzdialenosti strojov od uličiek, stien, definuje bezpečné vzdialenosti medzi

jednotlivými strojmi s pohyblivými aj nepohyblivými časťami, určuje minimálny pracovný priestor zamestnancov od obsluhovanej strany stroja, od pohybujúcej sa strany stroja, ale tiež definuje priestor pre potreby údržby respektíve opravy stroja. [2], [6]

Na základe strojov a počtu zamestnancov, ktorými bude naša nástrojáreň disponovať vyberieme z normy požadované predpisy a zakomponujeme ich do návrhového plánu.

Ďalšie technické normy upravujúce bezpečnosť na pracovisku:

- **ČSN ISO 8421-2** požiar na ochranu stavieb
- **ČSN ISO 8421-4** hasiace zariadenia
- **ČSN ISO 8421-6** evakuácia a únikové prostriedky
- **ČSN 73 0872** ochrana stavieb proti šíreniu požiaru
- **ČSN EN 13478** bezpečnosť strojných zariadení – požiar na prevencia a požiar na ochrana

### 3.3 Ergonomické usporiadanie pracoviska

Pri projektovaní pracovísk si musíme uvedomiť, že čím lepší pracovný komfort našim zamestnancom zabezpečíme a prispôbime charakteru ich pracovnej náplne, tým bude vyššia kultúra a aj produktivita práce.

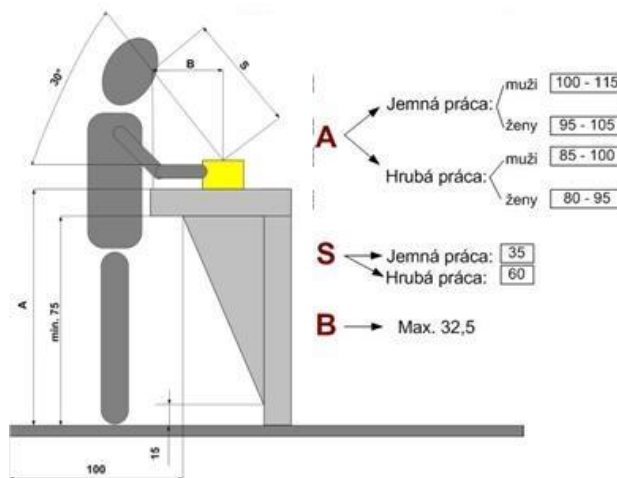
Toto platí predovšetkým pri ručných pracoviskách. Pri návrhu sa nedá vychádzať z priemerných hodnôt výšky muža či ženy, ktorý na pracovisku vykonáva svoju činnosť. Preto pri návrhu ergonomického pracoviska hľadáme vždy vybavenie ktoré je polohovateľné, respektíve nastaviteľné pre potreby väčšiny zamestnancov. Vhodným príkladom sú napríklad výškovo nastaviteľné stoly či stoličky. [16]

Pracovný priestor vymedzujeme základnými parametrami ako sú:

- charakter pracovnej činnosti,
- stroje, náradie a iné vybavenie používané v danom pracovisku,
- charakter pracoviska z pohľadu jeho pohyblivosti (stacionárne, nestacionárne či kombinované),
- spôsob organizácie práce na pracovisku,
- viazanosť pracovníka a pracoviska,
- druh polohy pracovníka pri práci (sed, stoj, kombinovaná či zvláštna pracovná poloha).

Pri návrhu optimálneho pracovného priestoru nesmieme zabudnúť na základné pravidlá, ktoré by narušili ergonomickosť pracoviska, patria sem:

- Voľba pracovnej polohy – pracovnou polohou nazývame takú polohu pracovníka pri ktorej vykonáva svoju obvyklú činnosť. Voľba tejto polohy je viazaná na aspekty ako sú veľkosť vynaloženej sily na prácu, intenzita a jemnosť práce. Jemnosť práce podmienená vzájomnou vzdialenosťou očí pracovníka a pracovného predmetu.
- Optimálna pracovná výška – Obr. 19 Ergonómia pracovných polôh [16]. výška a rozmery pracovnej roviny musia byť prispôsobené práci pri ktorej sú merané pričom výška pracovnej roviny môže byť upravená bez ohľadu na výšku pracovného stola.
- Optimálne zorné podmienky – berie sa do úvahy druh a dĺžka vykonávanej činnosti, vzdialenosť očí od predmetu, zorný uhol a osvetlenie odpovedajúce hygienickým normám a výkonu práce. Zorná vzdialenosť je priamka medzi okom a predmetom. Táto vzdialenosť sa znižuje priamo úmerne s väčšou jemnosťou vykonávanej činnosti.
- Optimálne riešenie pracovných sedadiel – hlavne pri dlhom výkone práce v sediacej polohe je optimálne nastavenie sedadla dôležitým aspektom ergonomie ale aj zdravia pracovníka. Základné body, ktoré musí spĺňať pracovné sedadlo sú: stabilita a bezpečnosť, rešpektovanie antropometrie, nastaviteľnosť, pohyblivosť (vhodné kolieska), tlmenie dosedu, intuitívne umiestnenie ovládacích prvkov
- Manipulačný priestor – vhodným a intuitívnym usporiadaním pracoviska, umiestnením nástrojov a strojov umiestnených do vzdialenosti závislej na používaní pri pracovnej činnosti dokážeme výrazne zvýšiť efektivitu práce.
- Ekonomickosť pracovných pohybov – cieľom tohto prístupu je minimalizácia spotreby času a pracovnej sily vhodným usporiadaním prvkov, využitím pomocných pracovných rovín s cieľom zvýšenia presnosti a rýchlosti práce či zníženie vyvíjanej sily. [16]



Problematika ergonomie na pracovisku tiež definuje osvetlenie pracovísk, či hranicu prípustného hluku. Tieto technologické parametre sú upravené technickými normami.

- Norma **ČSN EN 12464-1** – definuje požiadavky na osvetlenie vnútorných pracovných priestorov.
- Norma **ČSN EN 12464-2** – definuje požiadavky na osvetlenie vonkajších pracovných priestorov.
- Norma **ČSN EN ISO 9612** – určenie expozície hluku na pracovisku.

## 4 HODNOTENIE DISPOZIČNÝCH RIEŠENÍ

Jedným z dôležitých aspektov výberu vhodnej návrhovej varianty dispozičného riešenia je predpokladaný výrobný sortiment, respektíve množstvo vyrábaných kusov podobného technologického druhu. Na základe týchto poznatkov sme schopní určiť vhodné varianty dispozičného riešenia a prevziať z nich hodiace sa prvky do finálneho projektu.

### 4.1 Dispozičné riešenie reflektujúce potreby nástrojárne

V predošlej kapitole sme popísali základné typy dispozičných riešení, uviedli ich stručnú charakteristiku, popísali klady ale aj zápory jednotlivých riešení.

V materiálových tokoch nástrojárne obvykle nenájdeme výrazný vzťah ani smer medzi jednotlivými technologickými operáciami. Špecifickosti vyrábaných súčastí jednotlivých foriem nám poukazujú na takmer rovnomerne rozloženú interakciu medzi pracoviskami. Tieto dôvody nás smerujú k použitiu technologického dispozičného riešenia strojných pracovísk čo si overíme výpočtom, ktorý poukazuje na vhodnosť použitia určitého výrobného systému.

Každý výrobný systém sa skladá z prvkov, ktorými sú pracoviská a väzby medzi pracoviskami sú reprezentované materiálovými tokmi. Takýto systém je možné výpočtovo popísať takzvaným formálnym modelom. Technologické, manipulačné a organizačné vzťahy medzi pracoviskami popisujeme logickými alebo matematickými modelmi pomocou matíc.

Poznáme dva druhy matíc, jednou je smerovo orientovaná a druhou je smerovo neorientovaná respektíve nezávislá matica. Následne vypočítame stupeň kooperácie medzi jednotlivými strojnými pracoviskami. Hodnota stupňa kooperácie odzrkadľuje vhodnosť použitia výrobného systému. [6]

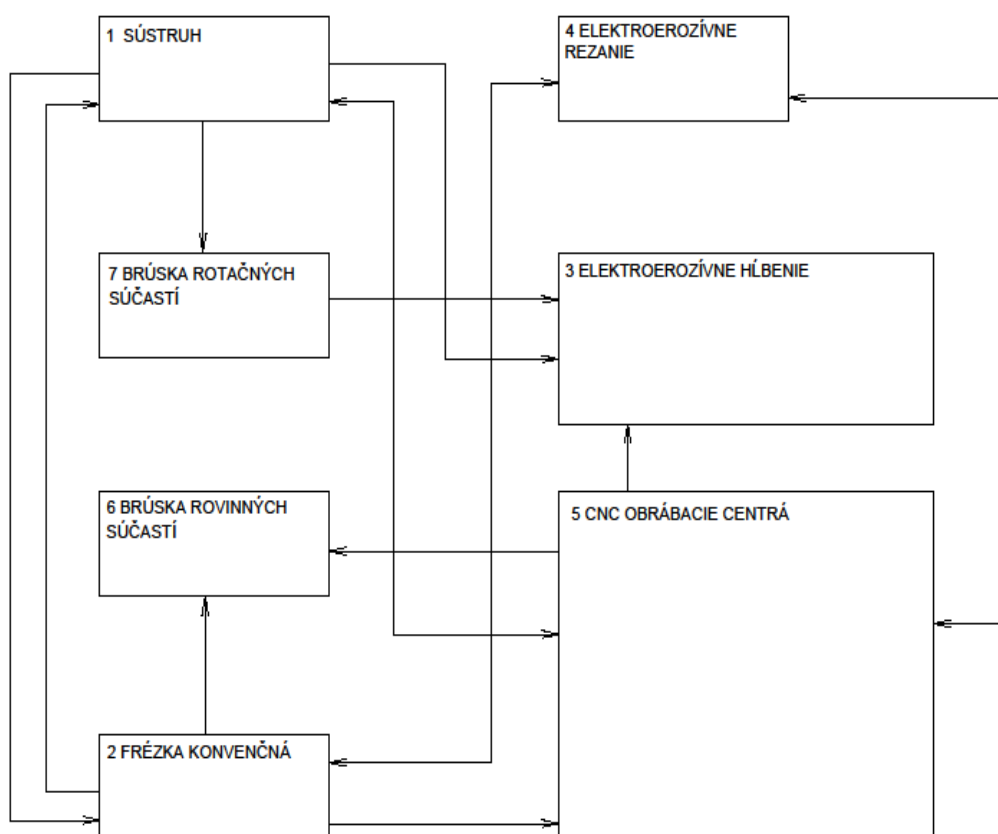
Na vyobrazenej schéme môžeme vidieť logické vzťahy medzi jednotlivými strojnými pracoviskami. Výpočtovým vzťahom číslo (4.1) zistíme stupeň kooperácie.

$$K = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n} \quad (4.1)$$

$k_i$  – počet pracovísk, na ktoré má  $i$ -té pracovisko kooperačnú väzbu

$n$  – počet pracovísk v danom systéme





Obr. 20 Technologická interakcia strojných pracovísk [6].

Podľa stupňa kooperácie a celkového počtu pracovísk v systéme je možné približne stanoviť priestorové usporiadanie pracovísk (strojov) [6]:

$K = 0$ ;  $n = 1$  – voľné usporiadanie

$1,5 < K < 3,8$ ;  $3 < n < 30$  – linkové usporiadanie

$2 < K < 4,5$ ;  $4 < n < 10$  – hniezdové usporiadanie

$K > 4,5$ ;  $n > 1$  – technologické usporiadanie

Pre výpočet stupňa kooperácie budú dolné indexy  $k_i$  totožné s číselným značením použitým v logickej schéme.

$$k_1 = 4$$

$$k_2 = 4$$

$$k_3 = 3$$

$$k_4 = 2$$

$$k_5 = 5$$

$$k_6 = 2$$

$$k_7 = 2$$

$$K = \frac{4 + 4 + 3 + 2 + 5 + 2 + 2}{7} = 3,143 \quad (4.2)$$

Hodnota stupňa kooperácie nás upozorňuje na vhodnosť hniezdového prípadne linkového usporiadania. Linkové usporiadanie nebude pre náš sortiment vhodným riešením pretože máme nízku sériovosť výroby kedy sa nedá uplatňovať vysoký stupeň automatizácie, ktorý so sebou toto usporiadanie prináša. Hniezdové usporiadanie strojov si môžeme predstaviť ako bunkové respektíve modulárne dispozičné riešenie. Prvky týchto riešení mali stúpajúci význam začlenením CNC strojov do výrobného procesu.

## 4.2 Kombinované usporiadanie pracovísk

Pri projektovaní väčších prevádzok je obvyklé využiť kombinované usporiadanie, kedy si projektant vyberá prvky z dvoch alebo viacerých spôsobov aby čo najlepšie reflektoval požiadavky výrobného procesu do praxe. V našom prípade nebude dispozičné riešenie nástrojárne výnimkou a zavedieme kombináciu takých variant, ktorých prvky najviac spĺňajú kritéria komplexnej malosériovej strojárkej výroby, respektíve výroby nástrojárne. [2], [3]

V kapitole 4.1 sme uviedli dôvody, ktoré nás vedú ku kombinácií technologického a hniezdového dispozičného riešenia. Z oboch typov návrhov usporiadania pracovísk vyberieme hodiace sa prvky a implementujeme ich do finálneho riešenia projektovanej nástrojárne. Tento prístup nám umožňuje v plnej miere využiť výhody jednotlivých riešení a na strane druhej nám poskytne priestor na čo najvyšší stupeň eliminácie ich nedostatkov.

Finálne riešenie nástrojárne bude obsahovať:

- Rozmiestnenie pracovísk podľa charakteru pracovnej činnosti – obrábacie stanoviská, montáž a nástrojárske činnosti budú oddelené,
- Z automatizovaných strojov vytvoríme výrobné bunky kedy jednu bunku budú tvoriť CNC obrábacie centrá, ďalšiu budú tvoriť hĺbičky ku ktorým priradíme vhodným natočením jedno CNC centrum, ktoré bude primárne slúžiť pre výrobu elektród. Sekundárne sa bude podieľať na obrábaní súčastí,
- Príbuznosť technologickej operácie CNC obrábacích centier a klasickej frézky zohľadníme jej vhodným umiestnením a vytvoríme „frézovací“ blok,
- Vďaka technologickej postupnosti operácií vytvoríme blok sústruh – brúska rotačných súčastí.

## 5 STANOVENIE VHODNÝCH OPTIMALIZAČNÝCH METÓD

Dispozičné riešenie pracovísk je možné popísať rôznymi faktormi. Medzi hlavné faktory patrí napríklad celkové množstvo prepraveného materiálu za rok, stupeň kooperácie medzi pracoviskami, následnosť operácií alebo nevhodnosť blízkosti jednotlivých pracovísk. Tieto údaje tvoria vstupné hodnoty do všetkých typov optimalizačných výpočtov. Optimalizačné výpočty sme schopný podľa počtu vstupných parametrov rozdeliť na jedno-kritériálne, viac-kritériálne či početné metódy. Poznáme viac typov optimalizačných metód, niektoré upravujú rozmiestnenie strojov, niektoré upravujú rozmiestnenie pracovísk ako celkov. Metódy optimalizácie musíme tiež rozlíšiť z hľadiska ich aplikácie na daný výrobný systém. Niektoré sú vhodné pre optimalizáciu vo viac-predmetných linkách, kde sa je vysoký stupeň sériovosti výroby. Ďalšie je naopak vhodné použiť v malosériových výrobných systémoch. [6], [4]

Optimalizácia pracovísk vo všeobecnosti sa vykonáva s cieľom skrátiť prepravné dráhy tovaru ich vhodným umiestnením vďaka čomu dosiahneme lepšiu efektivitu výroby a teda nižšie výrobné náklady. Pri využívaní metód a ich aplikácii je potrebné dbať na finálne potreby zadávateľa a prispôbiť konečné riešenie faktorom, ktoré daná metóda nie je schopná zohľadniť.

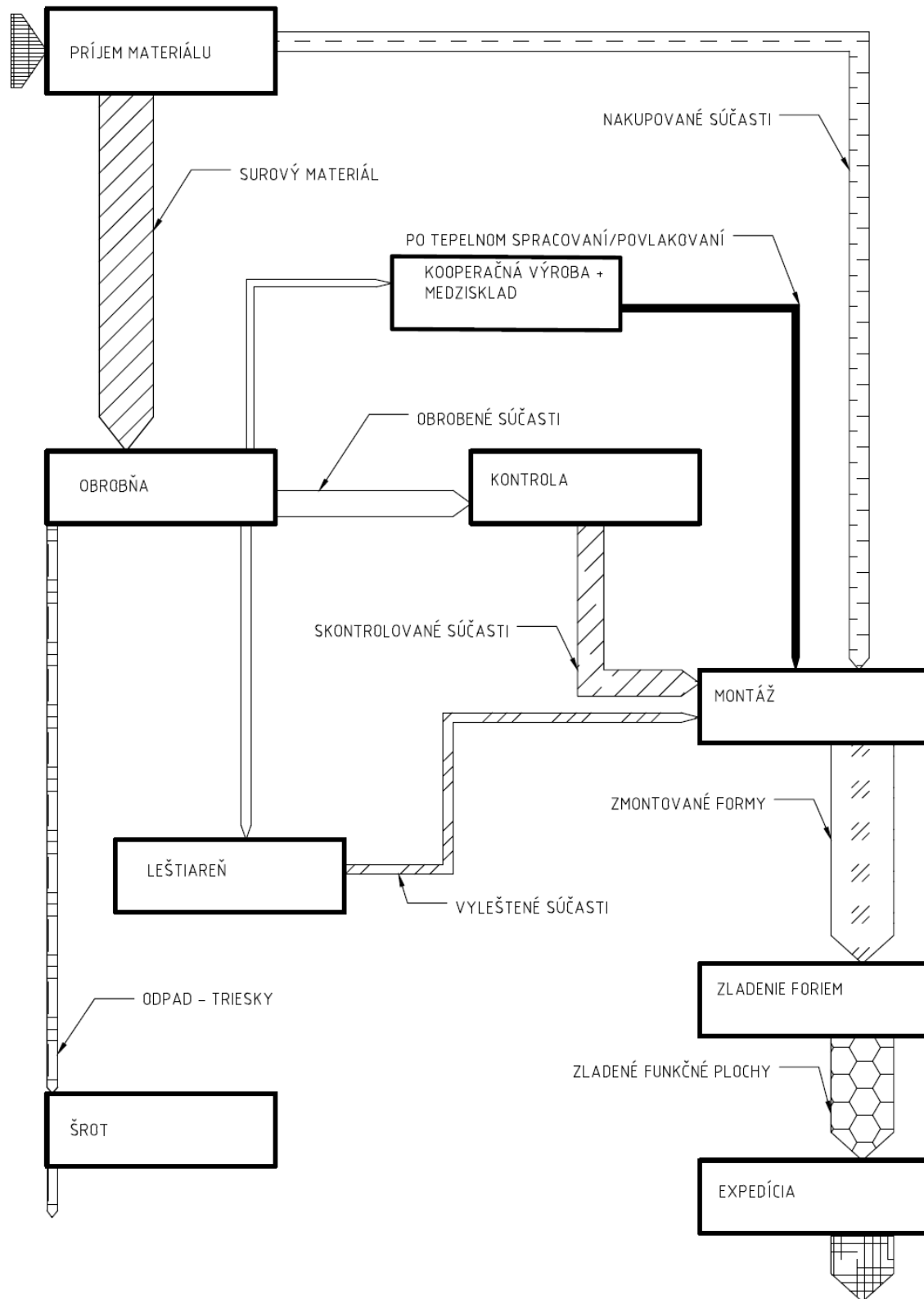
### 5.1 Sankeyov diagram

Sankeyov diagram popisuje intenzitu materiálových tokov medzi jednotlivými objektami (pracoviskami) a je tak ideálnym analytickým nástrojom pre optimalizáciu výrobného podniku z hľadiska rozmiestnenia daných objektov. Pre zostavenie diagramu používame šachovnicovú tabuľku, ktorá vyjadruje medzi objektové prúdenie v tonách za rok. Správne zostavená tabuľka musí vyjadrovať nulový rozdiel medzi materiálom ktorý do podniku prichádza a materiálom, ktorý z podniku odchádza. Platí tu teda zákon zachovania hmoty, ak neberieme do úvahy minimálne množstvo materiálu, ktoré sa stráca vplyvom skladovacích metód, technologických procesov a podobne. Z tohto dôvodu do šachovnicovej tabuľky zavedieme pojem „okolie“, ktoré vyjadruje vonkajšie prostredie podniku a platí, že čo z vonkajšieho prostredia príde musí v rovnakom objeme odísť. [6], [4], [2]

Tab. 4 Šachovnicová tabuľka medziobjektových materiálových tokov [6].

Z	DO	Okol.	Príj.	Obr.	Šrot	Mon.	Kont.	Zl.f.	Koop.	Lešť.	Exp.	Sum
Okol.		-	150									150
Príj.			-	110		40						150
Obr.				-	22		53		15	20		110
Šrot		22			-							22
Mont.						-		128				128
Kont.						53	-					53
Zl.f.								-			128	128
Koop.						15			-			15
Lešť.						20				-		20
Exp.		128									-	128
Sum		150	150	110	22	128	53	128	15	20	128	

V našom prípade z okolia ročne prichádza 150 t materiálu a do okolia (expedícia + šrot), odchádza 150 t materiálu. To znamená, že tabuľka je zostavená správne a jej hodnoty môžeme premietnuť do Sankeyovho diagramu. V Sankeyovom diagrame šírka čiary medzi pracoviskami odpovedá pomernému množstvu prepravovaného materiálu.

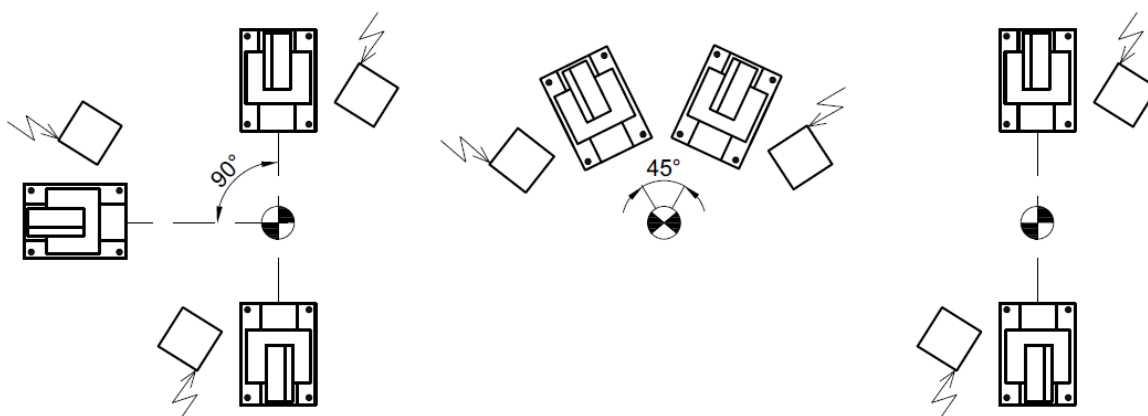


Obr. 21 Sankeyov diagram [6].

## 5.2 Situovanie strojov vzhľadom na viacstrojovú obsluhu

Možnosti aplikácie viac strojovej obsluhy a jej dôsledky boli popísané v kapitole 2.3 pretože sme v kapacitných prepočtoch počítali s optimalizovaným počtom výrobných pracovníkov na strojných pracoviskách kde bolo možné túto metódu uplatniť. Avšak problematika viac strojovej obsluhy nezávisí iba na teoretických prepočtoch a popísaní vzťahov, ktoré môžu nastať. Ak máme záujem premietnuť túto optimalizačnú metódu do praxe, musíme vytvoriť také pracovné prostredie, vhodným umiestnením či natočením strojov, že pre pracovníka bude obsluha viacerých strojov ergonomicky pohodlná a zároveň bude umožnená kontrola činnosti strojov pracovníkom v reálnom čase.

Výstupom tejto kapitoly bude poznatok o správnom situovaní strojov na pracoviskách viac strojovej obsluhy. V našej prevádzke je možné tento prístup uplatniť pri obsluhu elektroerozívnych hĺbičiek kedy sú časy strojných operácií dostatočne dlhé a 2 stroje budú obsluhované jedným zamestnancom. Pre viac strojovú obsluhu môžeme voľiť umiestnenie oproti sebe, prípadne vedľa seba s uhlom natočenia 30-45° pre dva stroje, v prípade obsluhy 3 strojov jedným pracovníkom volíme umiestnenie strojov, ktoré vytvorí kruhové pole s uhlom 90°. [6]



Obr. 22 Rozmiestnenie strojov s ohľadom na viac strojovú obsluhu. [6]

## 5.3 Trojuholníková metóda hodnotenia vzťahov

Ďalšou vhodnou metódou pre optimalizáciu dispozičného riešenia projektovaného objektu je trojuholníková metóda hodnotenia vzťahov. Sankeyov diagram nám poskytol pohľad na objemnosť materiálového toku medzi jednotlivými pracoviskami. Dôležitosť tohto kritéria je nepopierateľná avšak nie dostatočná. Preto sa v praxi zavádzajú ďalšie hodnotiace kritéria pre blízkosť všetkých dvojíc pracovísk.

Spomenutá metóda nám posluží ako výborný analytický nástroj vďaka ktorému budeme schopní stanoviť závery. Princípom metódy je vážené hodnotenie všetkých možných dvojíc pracovísk vzhľadom k ich potrebnej blízkosti. V prvom rade musíme určiť kritéria na základe ktorých budeme hodnotiť. Následne priradíme kritériám koeficient relatívneho významu, ktorý sa pre každý typ podniku môže líšiť. Koeficient relatívneho významu je pre akúkoľvek dvojicu pracovísk konštantný.

Na záver si stanovíme stupnicu podľa dôležitosti blízkosti pracovísk napríklad od 0 do 5. Po nadefinovaní všetkých hodnotiacich parametrov, zostavíme trojuholníkovú tabuľku pre viackriteriálne hodnotenie vzťahov medzi všetkými dvojicami objektov. Dvojice pracovísk vyhodnocujeme pre stanovené kritéria pridelením stupňa významu pre podnik. [6]

Tab. 5 Kriteriaľná tabuľka pre hodnotenie vzťahov dvojice objektov [6].

Poradie kritéria	Názov kritéria	Koeficient relatívneho významu
I.	Intenzita materiálového toku	4
II.	Stupeň vzájomného rušenia	5
III.	Postupnosť technologických operácií	3

#### Stanovená stupnica pre hodnotenie kritérií:

5 – blízkosť je bezpodmienečne nutná

2 – blízkosť sa odporúča

4 – blízkosť je nutná

1 – blízkosť je nevýznamná

3 – blízkosť je dôležitá

0 – blízkosť sa neodporúča

p.č.	pracovisko	Hodnotenie vzťahov																											
1	prijem materiálu	4	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	obrobňa	3	0	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	kontrola	2	1	2	1	2	5	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	leštiareň	3	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	montáž	5	1	5	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	zladovanie foriem	5	1	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	expedícia	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	šrotisko	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Obr. 23 Trojuholníková tabuľka pre viackriteriálne hodnotenie vzťahov dvojíc pracovísk [6].

Po vyplnení trojuholníkovej tabuľky vypočítame súhrnné vážené hodnotenie pre všetky dvojice pracovísk. Počet bodov pre každú dvojicu získame ako súčin priradeného stupňa významu kritéria a jeho koeficientu relatívneho významu. Súhrnné vážené hodnotenie každej dvojice pracovísk získame súčtom vypočítaných počtov bodov pre každé kritérium.

Tab. 6 Súhrnné vážené hodnotenie pre všetky dvojice pracovísk [6].

Hodnotené vzťahy		Intenzita mat. toku	Stupeň vzáj. rušenia	Postup. technolog. operácií	Celkové vážené hodnotenie
Koeficient r. významu		<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	
p.č.	Dvojice pracovísk	Vážené hodnotenie	Vážené hodnotenie	Vážené hodnotenie	
1.	Príjem mat. – obrobňa	16	5	9	<b>30</b>
2.	Príjem mat. – kontrola	4	5	3	12
3.	Príjem mat. – leštiareň	4	5	3	12
4.	Príjem mat. – montáž	12	5	3	20
5.	Príjem mat. – zlad. foriem	4	5	3	12
6.	Príjem mat. – expedícia	0	0	0	0
7.	Príjem mat. – šrotisko	4	5	3	12
8.	Obrobňa – kontrola	12	0	9	<b>21</b>
9.	Obrobňa – leštiareň	8	5	6	19
10.	Obrobňa – montáž	20	5	12	<b>37</b>
11.	Obrobňa – zlad. foriem	4	5	3	12
12.	Obrobňa – expedícia	4	5	3	12
13.	Obrobňa – šrotisko	16	5	9	<b>30</b>
14.	Kontrola – leštiareň	8	5	6	19
15.	Kontrola – montáž	12	5	12	<b>29</b>
16.	Kontrola – zlad. foriem	4	5	3	12
17.	Kontrola – expedícia	4	5	3	12
18.	Kontrola – šrotisko	0	5	0	5
19.	Leštiareň – montáž	12	5	12	<b>29</b>
20.	Leštiareň – zlad. foriem	4	0	0	4
21.	Leštiareň – expedícia	4	5	3	12
22.	Leštiareň – šrotisko	0	0	0	0
23.	Montáž – Zlad. foriem	20	5	15	<b>40</b>
24.	Montáž – expedícia	4	5	3	12
25.	Montáž – šrotisko	4	5	3	12
26.	Zlad. foriem – expedícia	20	5	15	<b>40</b>
27.	Zlad. foriem – šrotisko	4	5	3	12
28.	Expedícia - šrotisko	4	5	3	12

Zostavenie dispozičného riešenia začína od dvojice pracovísk s najvyšším počtom získaných bodov, ku ktorému následne zakresľujeme ďalšie dvojice pracovísk s nižším počtom bodov až po dvojice s najnižším hodnotením. Kvôli prehľadnosti sme bodové hodnotenie dvojíc pracovísk, ktoré získalo viac ako 20 bodov v tabuľke zvýraznili. Dispozičné rozloženie pracovísk vo výrobní hale zastrešuje výkresová dokumentácia, ktorá je súčasťou príloh.

## 6 DETAILNÉ DISPOZIČNÉ RIEŠENIE

Táto kapitola nám poslúži ako „zrkadlo“ získaných informácií v predchádzajúcich častiach práce. Informácie o počte zamestnancov, počte strojov, plochách podniku, dispozičných, bezpečnostných, ergonómických a optimalizačných možnostiach návrhu podniku premietneme do finálneho dispozičného riešenia. Na záver práce uvedieme ekonomickú náročnosť projektovanej nástrojárne a výhľadové obdobie návratnosti investície.

### 6.1 Priestory výrobného podniku

Celkovú plochu podniku sme určili na základe kapacitných prepočtov. Na rade je určenie dĺžkových a šírkových rozmerov. V minulosti boli šírky výrobných hál normalizované na 12 m, 18 m, 24 m, alebo 36 m. Dĺžka haly bola následne dopočítavaná.

V súčasnej dobe niektorí výrobcovia montovaných hál od tohto upúšťajú a šírku lode vyhotovia na mieru zákazníkov. Naše riešenie výrobné haly bude mať základné rozmery 16x22 m. Minimálna výška výrobné haly bola počítaná vzhľadom na použitie mostového žeriavu od najvyššieho stroja čo je v našom prípade tušírovací lis. Výška výrobné haly v najnižšom bode je stanovená na 7 m.

V konfigurátore firmy Astron buildings, s.r.o., sme vytvorili montovanú oceľovú zateplenú halu s implementovanými nosníkmi pre osadenie mostového žeriavu do nosnosti t. Výrobná hala je modulovo riešená a pripravená na pripojenie ďalšej lode v prípade rozširovania podniku. Umiestnenie haly na pozemku je rovnako riešené v zmysle predpokladu ďalšej prístavby. Administratívna časť podniku je dvojpodlažná o rozmeroch 16 m x 8 m na prvom podlaží a 16 m x 8 m na druhom podlaží, je pripojená k čelnej časti výrobné haly. Obe časti podniku sú vzájomne priechodzie. Vizualizácia popisovaných výrobných priestorov je obsiahnutá v prílohách tejto práce.

#### 6.1.2 Preprava materiálu

Dôležitou súčasťou výrobného podniku kde je potrebné prepravovať materiál o vyšších hmotnostiach sú žeriavy, vysokozdvížné vozíky a ďalšie prostriedky na prepravu materiálu. Rozhodli sme sa, že v našej nástrojárni bude preprava zabezpečovaná mostovým žeriavom a vysokozdvížným vozíkom. Potrebný počet vysokozdvížných vozíkov, vzorec číslo (6.1), uvedený v literatúre [3]:

$$n_{vv} = \frac{Q_{spal} \cdot i}{60 \cdot q_v \cdot E \cdot s_s \cdot k} \cdot \left( \frac{L}{v} + t_n + t_v \right) = \frac{3000 \cdot 50 \cdot 25}{60 \cdot 130 \cdot 1800 \cdot 2 \cdot 0,92} \cdot \left( \frac{40}{5} + 2 + 2 \right) \quad (6.1)$$

$= 1,74$

$n_{vv}$  – potrebný počet vozíkov [ks]

$Q_{spal}$  – množstvo prepravovaného materiálu za rok [kg]

$i$  – priemerný počet manipulácií s jednotkou

$q_v$  – hmotnosť dielu prepravovaného pri jednom prejazde

$E$  – časový fond vozíku (obvykle okolo 1800 hodín)

$s_s$  – zmennosť prevádzky



k – koeficient strát kapacity vozíku (0,90 – 0,95)  
 L – priemerná dĺžka pojazdu vozíku v oboch smeroch [m]  
 v - priemerná rýchlosť pojazdu vozíku pri manipulácii [ $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ]  
 $t_n, t_v$  – čas potrebný na naloženie, resp. vyloženie nákladu [min]

Celkovo potrebujeme na prepravu 2 vysokozdvížné vozíky. Budú ich zabezpečovať stroje: ručne vedený elektrický vysokozdvížný vozík JUNGHEINRICH EJC B20 s možnosťou prepravy nákladu do hmotnosti 2 ton a 1 kus ručne vedeného paletového vozíku JUNGHEINRICH AM 30 s maximálnym zdvihom 120 mm a nosnosťou 3 tony.

Na základe presných rozmerov výrobnéj lode, môžeme definovať údaje o mostovom žeriave. Do priestorov nástrojárne bude osadený jeden kus jedno-nosníkového mostového žeriavu ABUS ELV s maximálnou nosnosťou do 6,3 t a maximálnym rozpätím haly do 17,5 m. V sériovej výrobe, kde sme schopný určiť presný počet technologických operácií, sa počíta potrebné množstvo žeriavov z výpočtových vzťahov. V našom prípade keď je diverzita vyrábaných foriem vysoká, nie sme schopný dodať potrebné vstupné údaje do vzorcov, preto počet sme počet žeriavov určili na základe empirickej skúsenosti s podobnými prevádzkami.



Obr. 24 Jedno-nosníkový mostový žeriav ABUS ELV 6,3t [13].



Obr. 25 Vysokozdvížný elektrický vozík [23].

## 6.2 Ekonomické hodnotenie investície

Pri realizácii každého projektu, nech je akokoľvek odborne spracovaný, je rozhodujúcim faktorom objem finančných prostriedkov, ktoré je zadávateľ ochotný na výstavbu uvoľniť. Preto v závere tejto práce vyčíslime náklady potrebné na výstavbu podniku, vybavenie priestorov strojmi a softwarom a určíme približný čas potrebný na návratnosť investície. Najskôr si, ale uvedieme základné metódy ekonomického hodnotenia a ich delenie:

- Statické metódy ekonomického hodnotenia,
- Dynamické metódy ekonomického hodnotenia.

Medzi statické metódy ekonomického hodnotenia zaraďujeme **dobu návratnosti investície** a **porovnanie dvoch investičných variant z nákladového hľadiska**. Dynamické metódy ekonomického hodnotenia pojednávajú o **čistej súčasnej hodnote investície**, **indexe ziskovosti** a o **metóde vnútorného výnosového percenta**. My pre ekonomické hodnotenie použijeme statický prístup, ktorý neberie

do úvahy faktor času. Zistíme aká je doba návratnosti investície a akú má investícia ziskovosť. Na začiatok popíšeme potrebné ekonomické pojmy:

**Fixné kapitálové investície** – patria sem náklady na pozemky, stavby, stroje a zariadenia, náklady na projektovú dokumentáciu (4 – 8 % zo stavebnej a technologickej činnosti) a náklady na riadenie stavby a inžiniersku činnosť (2 – 4 % zo stavebnej a technologickej časti). Odhad fixných kapitálových investícií je závislý na stupni rozpracovanosti projektovej dokumentácie. [6]  
Rozlišujeme tieto typy :

- **Rádový odhad** – tento odhad pracuje na základe odvodených kapacít od podobných projektov. Zatiaľ je známa iba veľkosť potrebných plôch a základné typy a kapacity technológií. Presnosť sa pohybuje v intervale +50 % až -30 %. [24]
- **Predbežný odhad** – je známe dispozičné riešenie strojov a zariadení. Projektová dokumentácia je pripravená pre stavebné povolenie. Presnosť týchto odhadov je +30 % až -15 %. [24]
- **Definitívny odhad** – základom je spracovaná podrobná projektová dokumentácia. Na uplatnenie tohto prístupu by mali byť výkresy spracované do úrovne „schválené ku stavbe“. Presnosť tohto odhadu je +15 % až -5 %. [24]

**Obežné kapitálové investície** – tento typ investícií zahŕňa kapitál potrebný na zaistenie vlastnej výroby (zásoby surovín, normálií...). [6]

**Prevádzkové náklady** – pravidelne vynakladané finančné prostriedky zaistujúce chod firmy, napr. mzdy zamestnancov. [6]

### 6.2.1 Doba návratnosti investície

*„Vyjadruje čas, za ktorý sa nám vrátia vynaložené peňažné prostriedky. Vypočítame ich, ak celkové investičné náklady projektu vydelíme ročným ziskom. Potom nám vyjde výsledná hodnota v rokoch.“* [6, str. 174]

Pre výpočet použijeme vzťah číslo (6.2).

$$D_n = \frac{I}{Z} \quad [\text{roky}] \quad (6.2)$$

I – celkové investičné náklady [Kč]

Z – priemerný ročný zisk plynúci z investície [Kč]

Z výpočtového vzťahu je viditeľné, že musíme zistiť priemerný ročný zisk plynúci z investície a celkové investičné náklady. Priemerný ročný zisk sa bude odvíjať od plánovanej produkcie. Kapacitné výpočty plôch a zamestnancov boli dimenzované na výrobu 50 kusov vstrekovacích foriem. Cena definovanej vstrekovacej formy osciluje medzi 2 100 000 Kč – 3 700 000 Kč, podľa tvarovej zložitosti výlisku, množstva zrkadlových plôch a ďalších aspektov. Budeme vychádzať z priemernej ceny formy 2 400 000 Kč nakoľko pri začiatku produkcie bude bez predošlých skúseností náročné získať zákazníka pre tvarovo najzložitejšie výrobky. Priemerný zisk pri výrobe vstrekovacích foriem sa pohybuje na úrovni 20 % - 30 %. Uvedené

hodnoty boli odvodené od poznatkov vzťahovaných k referenčnej forme. Rovnako však platí, že v prvom roku pôsobenia na trhu sa zisk pohybuje na úrovni do 10 %, nasledujúci okolo 15%. Následne spoločnosť začína dosahovať plánovanú ziskovosť. Preto budeme uvažovať približný zisk na úrovni 18% v prvých 3 rokoch.

$$Z = 2\,400\,000 \cdot 0,18 \cdot 50 = 21\,600\,000 \text{ Kč} \quad (6.3)$$

Pre výpočet celkových investičných nákladov, ktoré predstavujú fixné kapitálové investície, použijeme predbežný odhad.

**Budova podniku** – výpočet investičných nákladov rozdelíme na 2 časti. Prvou je výrobná plocha zateplenej haly, ktorá je osadená žeriavovou dráhou. Druhú časť tvorí administratívna budova. Budova podniku bude postavená na pozemku, ktorým zadávateľ disponuje a preto kúpna cena pozemku nebude započítaná do investičných nákladov.

- 1 m<sup>2</sup> výrobnej plochy osadenej žeriavovou dráhou – 16 500 Kč
- 1 m<sup>2</sup> administratívnej plochy – 12 000 Kč

$$\begin{aligned} I_B &= S_V \cdot 16500 + S_A \cdot 12000 \\ &= (22 \cdot 16) \cdot 16500 + (8 \cdot 16) \cdot 12000 + (10 \cdot 16) \cdot 12000 \\ &= 9\,264\,000 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (6.4)$$

$I_B$  – investičné náklady na budovu [Kč]

$S_V$  – výrobná plocha podniku [m<sup>2</sup>]

$S_A$  – administratívna plocha podniku [m<sup>2</sup>]

**Strojné a technologické vybavenie podniku** – tvoria ho celkové investičné náklady na nákup primárneho, sekundárneho a softwarového vybavenia nástrojárne. Na sekundárne vybavenie nástrojárne a kúpu softwaru pre konštrukčnú kanceláriu budeme počítať 1 215 000 Kč. Ceny primárneho vybavenia uvedieme v prehľadnej tabuľke.

Tab. 7 Investičné náklady primárneho technologického vybavenia.

Názov stroja	Stav stroja	Cena stroja [Kč]	Počet kusov	Príslušenstvo [Kč]	Celková cena [Kč]
Abus ELV 6,3t	Nový	980 000	1	-	980 000
Jungheinrich EJC B20	Nový	80 000	1	-	80 000
Jungheinrich AM 30	Nový	8000	1	-	8000
Reis TUS 90-100 HWK	Použitý	480 000	1	-	480 000
Vojus BRH 32	Po GO	85 000	2	-	170 000
Tos BUA 25	Po GO	95 000	1	-	95 000
Trens	Nový	150 000	1	-	150 000

SN50C					
Tos Olomouc F2V-R	Nový	120 000	1	-	120 000
Hermle C400	Nový	4 000 000	1	320 000	4 320 000
Hermle C32	Nový	4 800 000	3	1 100 000	15 500 000
Agie Mondo Star 50	Nový	270 000	1	67 500	3 375 000
Agie Mondo Star 20	Nový	2 100 000	2	135 000	4 335 000
Agie Agiecut Classic 2	Nový	2 250 000	1	67 500	2 317 500
Suma [€]					31 930 500

$$I_{ST} = I_{ST1} + I_{ST2} = 1\,215\,000 + 31\,930\,000 = 33\,145\,000 \text{ Kč} \quad (6.5)$$

$I_{ST}$  – celkové technologicko – strojné vybavenie [Kč]

$$\begin{aligned} I &= I_{ST} + I_B + 0,06 \cdot (I_B + I_{ST}) + 0,02 \cdot (I_B + I_{ST}) \\ &= 33\,145\,000 + 9\,264\,000 + 2\,544\,540 + 848\,180 \\ &= 45\,801\,720 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (6.6)$$

$$D_n = \frac{I}{Z} = \frac{45\,801\,720}{21\,600\,000} = 2,12 \text{ roka} \quad (6.7)$$

Návratnosť investície sa pohybuje v časovom horizonte 2 rokov. Ak aplikujeme obrátenú hodnotu návratnosti investície, zistíme, že ziskovosť projektu sa pohybuje na úrovni 47,2 %.

### 6.3 Návrhový plán rozmiestnenia strojov vo výrobných priestoroch

Záverom celého technologického projektu „návrhu nástrojárne pre výrobu vstrekovacích foriem“, je detailný dispozičný plán rozmiestnenia strojov vo výrobných priestoroch. Aplikáciou všetkých získaných poznatkov sme vyhotovili o princípoch rozmiestňovania strojov a pracovísk sme vypracovali výkresovú dokumentáciu, ktorá je súčasťou príloh tejto práce.

## ZÁVER

Predmetom tejto bakalárskej práce bolo navrhnúť dispozičné riešenie technológie nástrojárne pre zvolený výrobný program. Prvou dôležitou úlohou ktorou sme sa museli zaoberať, bol krátky prieskum trhu a potenciálnych odberateľov na základe čoho sme bolo schopní stanoviť primárny výrobný program podniku.

Hlavnými bodmi a výstupmi tejto práce boli:

- Definícia technologických procesov, ktoré sú aplikované pri produkcii určeného výrobného programu podniku, v našom prípade foriem pre vstrekovanie plastov o maximálnom rozmere 500x500x500 mm o maximálnej hmotnosti 3000 kg. Na základe rozboru technológií sme vytvorili zoznam potrebného strojného vybavenia,
- Kapacitné prepočty pomocou ktorých, sme vypočítali potrebné množstvo strojných kapacít. Personálne kapacity boli počítané osobitne pre pracovníkov strojných, ručných, pomocných či pracovníkov ITA. Celkovo bude navrhovaná nástrojáreň disponovať 60 zamestnancami. Kapacita plôch podniku bola ďalším bodom riešenia. Celková plocha podniku je 540 m<sup>2</sup> z čoho výrobná plocha tvorí 340 m<sup>2</sup>. Zvyšok je súčtom administratívnych a sociálnych plôch,
- Znalosti kapacitných nárokov projektovanej nástrojárne, nám dovolili navrhnúť varianty dispozičných riešení a rozmiestnenia pracovísk podniku. Určili sme základné pravidlá ergonomickosti pracoviska a uviedli bezpečnostné normy projektovania pracovísk,
- Hodnotenie navrhnutých variant dispozičných riešení úzko súviselo s výrobným programom a jeho sériovosťou. Nástrojáreň sa zaraďuje medzi strojné podniku, ktoré sa vyznačujú malosériovou, limitne až kusovou výrobou. Každý výrobný systém je možné matematicky popísať takzvaným formálnym modelom z ktorého vyplýva stupeň kooperácie, v našom prípade mal hodnotu 3,143. Touto hodnotou sa vyznačuje hniezdové usporiadanie pracovísk. Vďaka týmto poznatkom sme určili finálne – kombinované usporiadanie pracovísk. Vyznačovalo sa prevzatím prvkov technologického a hniezdového usporiadania strojov,
- Vytvorili sme Sankeyov diagram a zostavili trojuholníkovú tabuľku hodnotenia interakcie medzi dvojicami pracovísk. Finálne riešenie sme optimalizovali aplikovaním výsledkov z uvedených analyzačných nástrojov,
- Ekonomické hodnotenie investičného projektu je neodmysliteľnou časťou technologického návrhu. Vypočítali sme celkové finančné kapacity potrebné na realizáciu projektu predpokladaný ročný zisk, návratnosť a ziskovosť investície. Návratnosť investície je v horizonte 2 rokov pri ziskovosti 47 %,
- Posledným krokom bolo vyhotovenie detailného dispozičného riešenia nástrojárne, ktoré je podložené výkresovou dokumentáciou.

---

**ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY**

1. VIGNER, Miloslav a Zdeněk PŘIKRYL. *Obrábění*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984, 800 s. : il.
2. ZEMČÍK OSKAR. *Projektování výrobních procesů: I. část - obrábění*. Brno: Rektorát VUT v Brně, 1987, 162 s.
3. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 197 s. : il. ISBN 8021428716.
4. KOŠTURIK, Ján. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie*. Žilina: Žilinská univerzita, 2000, 397 s. : il. ISBN 8071005533.
5. RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty*. Brno: VUT Brno, 1991, 185 s. ISBN 8021403853.
6. KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem*. Vydání první. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2015, 183 stran : ilustrace. ISBN 9788021452602.
7. KOČMAN, Karel a Jaroslav PROKOP. *Výrobní technologie II: [obrábění]*. Brno: CERM, 2002, 83 s. : il. ; 30 cm. ISBN 8021421894.
8. HLUCHÝ, Miroslav, Rudolf PAŇÁK a Oldřich MODRÁČEK. *Strojírenská technologie 1. 2. díl, Metalografie a tepelné zpracování. 3., přeprac. vyd.* Praha: Scientia, 2002, 173 s. : il. ; 21 cm. ISBN 8071832650.
9. *AGIE AgieCut drátové řezačky: technické informace* [online]. České Budějovice: EDMEX s.r.o., c2009 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.agiecharmilles.cz/agiewedm.html>
10. *HB Precision Products , INC* [online]. Greenville: HB Precisionproducts, c2005 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: [http://www.hbprecision.com/agie\\_sinker.htm](http://www.hbprecision.com/agie_sinker.htm)
11. *Hermle AG* [online]. Gosheim: Maschinenfabrik Berthold Hermle AG [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.hermle.sk/cms/cs/>
12. *Integrity Mold, LP* [online]. Fort Worth: Integritymold, c2005-2010 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://integritymold.com/agie/index.html>
13. *ITECO žeriavy* [online]. Brezno: Iteco žeriavy, c2016 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.itecozeriavy.sk/>
14. *ManagementMania,com* [online]. Creative Commons BY-NC, c2011-2013 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <https://managementmania.com/sk>
15. Brúsky rovinné: katalóg strojov. *Www.strojeslovakia.sk* [online]. Svidník: Stroje Slovakia, c2009 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.strojeslovakia.sk/kovoobrabacie-stroje/567-Brusky-Rovinne/>

- 
16. Ergonomické usporiadanie pracoviska. *Www.ipaslovakia.sk* [online]. Žilina: Krišťák, 2007 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/ergonomicke-usporiadanie-pracoviska>
  17. Kapacita - stanovenie výrobnéj kapacity. *Www.ipaslovakia.sk* [online]. Slovenská republika: Krišťák, 2007 [cit. 2016-05-22]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/kapacita-stanovenie-vyrobnéj-kapacity>
  18. Technické parametre: SN 50 C. *Www.trens.sk* [online]. Trenčín: Trens, c2013 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.trens.sk/sk/produkty/univerzalne-hrotove-sustruhy/sn-50-c/technicke-parametre>
  19. TOS Olomouc s.r.o.: Technické parametry. *Www.tos-olomouc.cz* [online]. Olomouc: TOS Olomouc, c2009 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.tos-olomouc.cz/cz/vyrobní-program/univerzální-produkční-frezky/konzolová-frezka-f2v-r/technicke-parametry.html>
  20. Vodorovná rovinná brúška BRH 32. *Www.strojeslovakia.sk* [online]. Svidník: Stroje Slovakia, c2009 [cit. 2016-05-23]. Dostupné z: <http://www.strojeslovakia.sk/kovoobrabacie-stroje/product/500---Vodorovna-rovinna-bruska-BRH-32--/>
  21. VARJAN, Matúš. *Racionalizační projekt pracoviště svařování ohříváčů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2010.
  22. MILO, Peter. *Technologické projektovanie v praxi*. 2. doplnené vydanie. Bratislava : Alfa, 1990. 400 s. ISBN 80-05-00103-7.
  23. *Jungheinrich Slovensko* [online]. Senec: Jungheinrich (SR), c2016 [cit. 2016-05-25]. Dostupné z: <http://www.jungheinrich.sk/>
  24. ROUŠAR, Ivo. *Projektové řízení technologických staveb*. Praha: Grada, 2008, 255 s. : il. ; 29 cm. ISBN 9788024726021.

## ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

$a$	koeficient viacstrojovej obsluhy	[-]
$A$	počet administratívnych pracovníkov	[ks]
$D$	zákonný počet dní dovolenky	[dni/rok]
$D_{\text{evp}}$	evidenčný stav pomocných pracovníkov pre obe zmeny	[ks]
$D_{\text{evr}}$	evidenčný stav ručných pracovníkov pre obe zmeny	[ks]
$D_p$	celkový počet pomocných pracovníkov	[ks]
$D_{\text{evs}}$	evidenčný stav strojných pracovníkov pre obe zmeny	[ks]
$D_v$	celkový počet výrobných pracovníkov v oboch zmenách	[ks]
$D_{\text{vr1i}}$	počet ručných pracovníkov pre prvú zmenu i-tej operácie	[ks]
$D_{\text{vs1i}}$	počet strojných pracovníkov pre prvú zmenu i-tej operácie	[ks]
$D_{\text{vr2i}}$	počet ručných pracovníkov pre druhú zmenu i-tej operácie	[ks]
$D_{\text{vs2i}}$	počet strojných pracovníkov pre druhú zmenu i-tej operácie	[ks]
$E$	časový fond vozíku (obvykle okolo 1800 hodín)	[hod.]
$E_p$	efektívny časový fond pracovníka	[hod./rok]
$E_r$	efektívny časový fond ručného pracoviska	[hod. / rok]
$E_s$	efektívny časový fond strojného pracoviska	[hod./rok]
$F_p$	pomocná podlahová plocha	[m <sup>2</sup> ]
$F_{\text{pdc}}$	plocha dopravných ciest	[m <sup>2</sup> ]
$F_{\text{phn}}$	plocha pre hospodárenie s náradím	[m <sup>2</sup> ]
$F_{\text{pk}}$	kontrolná plocha	[m <sup>2</sup> ]
$F_{\text{pskl}}$	plocha skladu	[m <sup>2</sup> ]
$F_{\text{pu}}$	plocha pre údržbu	[m <sup>2</sup> ]
$f_{\text{si}}$	merná plocha strojného pracoviska i-tého typu	[m <sup>2</sup> ]
$F_{\text{si}}$	výrobná plocha i-tého strojného pracoviska	[m <sup>2</sup> ]
$F_{\text{soc}}$	celková sociálna plocha	[m <sup>2</sup> ]
$F_{\text{spr}}$	správna plocha	[m <sup>2</sup> ]



$F_{\text{šat}}$	plocha šatní	[m <sup>2</sup> ]
$F_{\text{um}}$	plocha umyvární	[m <sup>2</sup> ]
$F_v$	súčet strojnej a ručnej výrobnnej plochy	[m <sup>2</sup> ]
$F_{\text{WC}}$	plocha toaliet	[m <sup>2</sup> ]
$I$	celkové investičné náklady	[Kč]
$i$	priemerný počet manipulácií s jednotkou	[ks]
$I_B$	investičné náklady na budovu	[Kč]
$ITA$	inžiniersko-technický a administratívny pracovníci	[ks]
$k$	koeficient strát kapacity vozíku	[-]
$K$	počet konštruktérov	[ks]
$K$	stupeň kooperácie	[-]
$K_c$	celkový počet dní v kalendárnom roku	[deň]
$k_i$	počet pracovísk, na ktoré má i-té pracovisko kooperačnú väzbu	[ks]
$k_{\text{pnr}}$	koeficient prekračovania noriem pre ručné pracovisko	[-]
$k_{\text{pns}}$	koeficient prekračovania noriem pre strojné pracovisko	[-]
$L$	priemerná dĺžka pojazdu vozíku v oboch smeroch	[m]
$N$	plánovaný ročný počet vyrábaných kusov	[ks]
$N$	počet nedelí	[dni/rok]
$n$	počet pracovísk v danom systéme	[ks]
$N$	priemerný počet dní práce neschopnosti z dôvodu choroby	[dni/rok]
$n_i$	počet strojov i-tého typu	[ks]
$n_{\text{vv}}$	potrebný počet vozíkov	[ks]
$P_{\text{ski}}$	skutočný počet strojných pracovísk pre i-tú výrobnú operáciu	[ks]
$P_{\text{thi}}$	teoretický počet strojných pracovísk pre i-tú výrobnú operáciu	[ks]
$Q_{\text{spal}}$	množstvo prepravovaného materiálu za rok	[kg]
$q_v$	hmotnosť dielu prepravovaného pri jednom prejazde	[kg]
$S$	počet sobôt	[dni/rok]
$s$	počet zmien	[-]

---

$S_A$	administratívna plocha podniku	[m <sup>2</sup> ]
$S_r$	zmennosť ručného pracoviska	[-]
$s_s$	zmennosť strojného pracoviska	[-]
$S_v$	počet štátnych sviatkov	[dni/rok]
$S_v$	výrobná plocha podniku	[m <sup>2</sup> ]
$T$	počet technologov	[ks]
$t_{ki}$	predpokladaný čas potrebný k uskutočneniu i-tej operácie	[hod.]
$t_n$	čas potrebný na naloženie nákladu	[min.]
$t_v$	čas potrebný na vyloženie nákladu	[min.]
$v$	priemerná rýchlosť pojazdu vozíku pri manipulácii	[m·min <sup>-1</sup> ]
$Z$	priemerný ročný zisk plynúci z investície	[Kč]
$\eta_i$	percentuálne časové využitie pracoviska i-tej operácie	[%]

---

**ZOOZNAM TABULIEK**

Tab. 1	Výsledné hodnoty kapacitných prepočtov strojov.	29
Tab. 2	Hodnoty výpočtov kapacít strojných pracovníkov.	33
Tab. 3	Plochy jednotlivých strojných pracoviškov.	39
Tab. 4	Šachovnicová tabuľka medziobjektových materiálových tokov [6].	51
Tab. 5	Kriteriálna tabuľka pre hodnotenie vzťahov dvojice objektov [6].	54
Tab. 6	Súhrnné vážené hodnotenie pre všetky dvojice pracoviškov [6].	55
Tab. 7	Investičné náklady primárneho technologického vybavenia.	59

---

**ZOOZNAM OBRÁZKOV**

Obr. 1	Elektroerozívna rezačka [9]	20
Obr. 2	Elektroerozívna hĺbička [10]	21
Obr. 3	Elektroerozívna hĺbička [12].	21
Obr. 4	CNC obrábacie centrum HERMLE C 32 [11].	22
Obr. 5	CNC obrábacie centrum HERMLE C400 [11].	22
Obr. 6	Konvenčná frézka TOS F2V-R [19].	23
Obr. 7	Hrotový sústruh TRENS SN 50 C [18].	23
Obr. 8	Brúška „na guľato“ [15].	23
Obr. 9	Rovinná brúška BRH 32 [20].	24
Obr. 10	Tušírovací lis.	24
Obr. 11	Využitie projektovaných pracovísk.	31
Obr. 12	Schéma organizačnej štruktúry projektovanej nástrojárne.	37
Obr. 13	Veľkosť výrobnnej plochy.	38
Obr. 14	Schéma voľného usporiadania pracovísk [22], [21].	43
Obr. 15	Schéma technologického usporiadania pracovísk [22], [21].	44
Obr. 16	Schéma predmetného usporiadania pracovísk [22], [21].	44
Obr. 17	Schéma modulárneho usporiadania pracovísk [22], [21].	45
Obr. 18	Schéma bunkového usporiadania pracovísk [7], [21].	45
Obr. 19	Ergonómia pracovných polôh [16].	47
Obr. 20	Technologická interakcia strojných pracovísk [6].	49
Obr. 21	Sankeyov diagram [6].	52
Obr. 22	Rozmiestnenie strojov s ohľadom na viac strojovú obsluhu. [6]	53
Obr. 23	Trojuholníková tabuľka pre viackriteriálne hodnotenie vzťahov dvojíc pracovísk [6].	54
Obr. 24	Jedno-nosníkový mostový žeriav ABUS ELV 6,3t [13].	57
Obr. 25	Vysokozdvíhňý elektrický vozík [23].	57

**ZOZNAM PRÍLOH**

Príloha 1	Vizualizácia navrhutej haly a administratívnych priestorov.
Príloha 2	Referenčná forma na vstrekovanie plastov výrobného programu.
Príloha 3	Výkresová dokumentácia – Prízemie BP-2016-1.
Príloha 4	Výkresová dokumentácia – Poschodie BP-2016-2.
Príloha 5	Výkresová dokumentácia – Dispozičné riešenie strojov BP-2016-3.

